

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-89314

(43)公開日 平成6年(1994)3月29日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/60	3 1 0	7922-5L		
9/44	3 3 0 T	9193-5B		

審査請求 未請求 請求項の数47(全 75 頁)

(21)出願番号	特願平5-43527	(71)出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成5年(1993)3月4日	(72)発明者	石田 篤宏 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式 会社日立製作所生産技術研究所内
(31)優先権主張番号	特願平4-96271	(72)発明者	荒井 良尚 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式 会社日立製作所生産技術研究所内
(32)優先日	平4(1992)4月16日	(72)発明者	赤坂 信悟 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式 会社日立製作所生産技術研究所内
(33)優先権主張国	日本(JP)	(74)代理人	弁理士 小川 勝男
(31)優先権主張番号	特願平4-191880		
(32)優先日	平4(1992)7月20日		
(33)優先権主張国	日本(JP)		

最終頁に続く

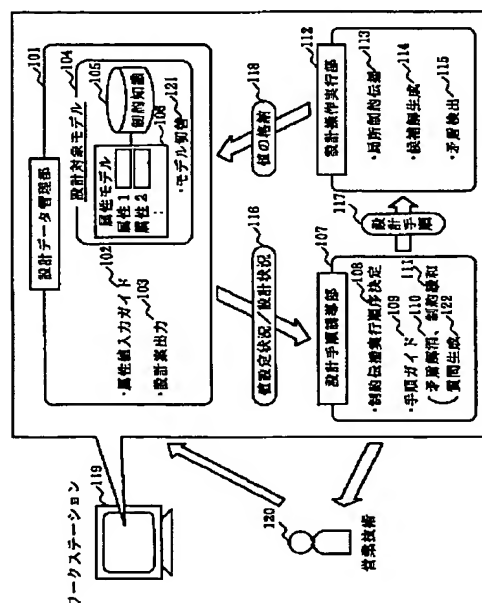
(54)【発明の名称】 設計支援方式および装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】制約伝播順序決定、手順ガイドにより設計手順を誘導して顧客の要求を満たす適切な設計案を正確・迅速に求める。

【構成】設計データ管理部101と設計手順誘導部107と設計操作実行部112よりなる構成として、製品の属性値の制約に基づいて自動的に決定して、顧客の多様な要求パターンに応じた設計手順を自動生成し効率よく設計解を算出できる。また属性値の変更に対して修正伝播により設計案を修正したり、制約の伝播途中に矛盾が発生した場合には矛盾解消方法を示し、解消できなかった場合には制約を緩和して代替の設計案を生成する。また質問生成により要入力属性値を示してユーザが設計続行することを容易する。

図 1



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】製品の設計仕様を属性項目と属性値の集合として表現した属性モデルと、各属性項目間の関連規則を宣言的に表現した制約知識とを格納する設計対象モデル記憶手段、および、ユーザが要求仕様を入力する際に属性値の入力をガイドし、入力された値を該属性モデルに設定する入力ガイド手段、および、入力あるいは推論／演算の結果として該属性モデルに設定されている属性値をもとに、設計案を表示する設計案表示手段から構成される設計データ管理部と、
該属性モデル中の値設定済の属性項目と制約知識に基づき実行可能な制約を発見し、制約の実行順序を決定する制約伝播実行順序決定手段、および、設計途中に属性値の矛盾を生じた場合に、該属性モデル中の属性値の設定状況に応じて矛盾を解消するための属性値変更方法あるいは制約を緩和し代替の設計案を生成するためのガイダンスを行なう手順ガイド手段から構成される設計手順誘導部と、
該設計手順誘導部で実行することに決定した制約を該設計対象モデル記憶手段から取り出し実行し、算出された属性値を該属性モデルに設定する局所制約伝播手段、および、各属性項目が複数の候補値を持つ場合に該制約知識を満足する複数の設計案を生成する候補解生成手段、および、該制約知識から属性値間の矛盾を検出する矛盾検出手段から構成される設計操作実行部とを具備し、入力された属性項目に応じて、制約をたどりながら関連する属性値を逐次設定し、設計途中で矛盾が発生する場合には、設計状況に応じた対策を提示することで、製品の設計仕様の決定を効率的に行えることを特徴とする設計支援方式。

【請求項2】上記属性モデル中の各属性項目に設定された値が、新規設定されたものであるか修正設定されたものであるかを判定する手段、および属性値間で矛盾が発生した場合どの制約に矛盾したのかを判定する手段を該設計データ管理部に設けておき、これらの判定手段により得られる設計状況のデータと制約知識に基づき、新規に値の設定された属性項目に応じて制約伝播の実行順序を決定する新規制約伝播実行順序決定と、既に値が設定されている属性項目を修正する場合に、制約で関連付けられた他の属性値の修正順序を決定する修正伝播実行順序決定とを、設計状況に応じて切り替えて実行する機能を該設計手順誘導部の制約伝播実行順序決定手段に具備することを特徴とする請求項1に記載の設計支援方式。

【請求項3】請求項1に記載の該設計データ管理部の設計対象モデル記憶手段に格納される各属性項目および制約に対して重要度を表す重みデータをそれぞれ付加しておき、該設計手順誘導部の制約伝播実行順序決定の際、実行可能な制約が複数存在する場合に、競合する制約の重みの比較を行い、より重要な制約を優先的に実行させることにより、要求に合致した適切な設計手順を生成可

能な設計支援方式。

【請求項4】請求項1に記載の該設計データ管理部の設計対象モデル記憶手段に格納される各属性項目および制約に対して重要度を表す重みデータをそれぞれ付加しておき、該設計手順誘導部の制約伝播実行順序決定の際、実行可能な制約が複数存在し、かつ競合する制約の重みが同一の場合、各制約に関連する属性項目の重みの比較を行い、より重要な属性項目を設定可能な制約を優先的に実行させることにより、要求に合致した適切な設計手順を生成可能な設計支援方式。

【請求項5】上述した各属性項目および制約毎の重要度を表す重みデータを複数登録しておき、要求ボタンに応じて重みデータを読み出し属性・制約に割付ける設計戦略管理手段、および、ユーザが要求ボタンを選択する手段を該設計データ管理部に付加することにより、多様な要求ボタンに応じた設計手順の生成を可能とする設計支援方式。

【請求項6】請求項1に記載の設計支援方式において、属性モデル中の各属性項目毎に値をロック、アンロックすることを設定可能とする属性ロック、アンロック設定機能を該設計データ管理部の属性値入力ガイド手段中に具備することにより、要求仕様の中で変更拒否を要求する属性値については、設計操作実行中に値を変更させないことにより、要求仕様を満足する設計案を生成可能にすることを特徴とする設計支援方式。

【請求項7】請求項1に記載の設計支援方式において、伝播実行可能な制約がない場合に、制約伝播を続行するために、未定の属性値の中で、値を入力するべき属性項目を決定し、ユーザに質問する質問生成機能を該設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することを特徴とする設計支援方式。

【請求項8】請求項1に記載の設計支援方式において、制約を満足する設計解が得られない場合、制約を緩和して代替の設計案を生成するための制約緩和機能を該設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することを特徴とする設計支援方式。

【請求項9】請求項1に記載の設計支援方式において、設計対象モデル中の属性項目に設定された値と、設計状況のデータと制約知識を用いて、値が未定の属性項目に対して値の推論／演算を行なった属性値に複数の組合せがある場合、制約に基づいて自動的に候補を絞り込む、或いは推論／演算結果を表示し、対話形でユーザに値を選択させ、候補を絞り込む候補解生成手段を設計操作実行部内に具備することを特徴とする設計支援方式。

【請求項10】請求項1に記載の設計支援方式において、入力属性値に対する設計案の生成、あるいは設計途中での属性値の変更や、矛盾の発生の場合に、製品構造に応じて必要な属性集合と制約集合を変更して、設計案の生成に使用する設計対象の属性モデルと制約知識を自動的に切り替える設計対象モデル切替機能を具備するこ

とにより、製品構造が変化する設計過程に追従できることを特徴とする設計支援方式。

【請求項11】請求項1に記載の設計支援方式において、属性項目、属性項目値を登録、修正する属性モデル構築・修正機能と、制約、手順ノウハウの知識を登録、修正する制約知識登録・修正機能より成る設計モデル構築部をさらに具備することにより、設計対象モデルの構築を容易にする設計支援方式。

【請求項12】請求項1に記載の設計支援方式を有し、この結果に基づき図面出力や手配を行なう設計支援装置。 10

【請求項13】請求項1に記載の設計支援方式を有する複数の設計支援装置とデータを共有するファイルサーバで構成され、受注仕様設計の途中結果をファイルサーバに格納し、各設計支援装置から参照できることにより、連携した処理で受注仕様設計を行なえる設計支援システム。

【請求項14】請求項1に記載の設計支援方式を有する複数の設計支援装置と、工場の設計支援装置と、2者を接続するネットワークより構成され、受注仕様設計において特殊な要求仕様が入力された場合、工場側に問合せ 20

することを可能にする設計支援システム。

【請求項15】請求項1に記載の設計支援方式を有する複数の設計支援装置と、工場の設計支援装置と、2者を接続するネットワークより構成され、工場側から該設計支援装置中の設計対象モデルの知識を登録、変更することを可能にする設計支援システム。

【請求項16】請求項1に記載の設計支援方式において、ユーザが要求仕様を入力する場合に、属性名称欄と属性値欄を一覧表示して、1つの属性値欄がユーザに選択されると、該属性値の選択可能な値を文字または図メ 30

ニューとして表示して、属性値の入力をガイドする、および推論／演算の結果として該属性モデルに設定されている属性値を表示する属性値入力・表示画面、および推論実行を起動するためのコマンドメニューを表示する実行コマンドメニュー表示画面、

および推論の実行結果の属性値に基づき、設計対象モデルの形状データを生成し設計案を表示する設計案表示画面とから構成され、ユーザの要求仕様の入力と、推論によって決定した製品の設計仕様の確認を容易に行なえることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項17】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、制約伝播の実行状況をトレースして、属性値の決定順に表示する推論実行トレース画面を表示する機能を設計操作実行部の局所制約伝播実行手段中に具備することにより、ユーザが制約伝播実行状況を確認できることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項18】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、設計対象モデル中の属性項目に設定された値と、設計状況のデータと制約知識を用いて、値が未定の属性項目に対して値の推論／演算を行なった結果、複数 50

の属性値の間に組合せがある場合、候補を絞るために、対話形でユーザに組合せを選択させる属性値選択可能組合せ画面を表示する機能を設計操作実行部内に具備することを特徴とする設計支援方式。

【請求項19】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、制約伝播を実行して属性値が決定した後、設計基準を表す不等式の形態の制約を全てチェックし、チェック結果を表示する設計案評価結果画面を表示する機能を設計操作実行部の矛盾検出手段中に具備することにより、設計案が設計基準を満たしているかをユーザが確認できることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項20】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、制約伝播を実行中に矛盾が発生した場合、制約伝播実行を中断して矛盾した制約の内容をメッセージ表示する矛盾発生メッセージ画面を表示する機能を設計操作実行部の局所制約伝播実行手段中に具備することにより、矛盾発生後に無駄な制約伝播を続けることなく、また設計のどこに問題があるかをユーザが確認できることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項21】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、制約伝播を実行中に矛盾が発生した場合、矛盾を解消するための属性値変更方法を指示する対策立案画面を表示する機能を設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項22】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、制約を満足する設計解が得られない場合、制約を緩和して代替の設計案を生成するための制約緩和の内容を表示する機能を該設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することを特徴とする設計支援方式。

【請求項23】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、伝播実行可能な制約がない場合に、制約伝播を続行するために、未定の属性値の内で、値を入力するべき属性項目を決定し、ユーザに質問する質問生成画面を表示する機能を設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項24】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、推論途中に属性値の選択可能な複数の組合せが発生した場合に、逐次属性値選択可能組合せ画面を表示してユーザに選択を促す処理を行なう推論モード（逐次選択）か、あるいは表示しないで、属性モデル中の各属性の値域に候補値として保持して推論を続行し、推論終了後に属性値入力・表示画面の属性値のメニュー中の候補値を色を区別して表示する処理を行なう推論モード（候補保持）か、を選択できる推論モード選択メニューを表示する制御パネル画面を設けることにより、ユーザが推論実行処理パターンを選択できることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項25】請求項24に記載の対話形設計支援方式の制御パネル画面において、ユーザの多様な設計要求を選択できる要求パターンNo. 選択メニューを具備する

ことにより、該設計データ管理部の設計戦略管理手段が、要求パターンNo.に対応した属性と制約の重要度を、各属性項目および制約に対して要求パターン毎に登録された重要度のデータから読み出し、属性項目、制約に重要度を設定して、この重要度に基づいて制約伝播実行順序を決定し、ユーザの多様な要求に合致した適切な設計手順を生成する対話形設計支援方式。

【請求項26】請求項24に記載の対話形設計支援方式の制御パネル画面において、ユーザの多様な設計要求を選択できる要求パターンNo.、選択メニューを具備することにより、該設計データ管理部の設計戦略管理手段が、要求パターンNo.に対応した属性と制約の重要度を、各属性項目および制約に対して要求パターン毎に登録された重要度のデータから読み出し、属性項目、制約に重要度を設定して、この重要度に基づいて制約伝播実行順序を決定し、ユーザの多様な要求に合致した適切な設計手順を生成する対話形設計支援方式。

【請求項27】請求項24に記載の対話形設計支援方式の制御パネル画面において、設計履歴情報の保存／非保存、および推論実行トレース画面の表示／非表示の選択メニューを設けることにより、ユーザが推論実行状況を確認したい場合と、その必要がない場合について、選択が可能となることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項28】請求項24に記載の対話形設計支援方式の制御パネル画面において、属性値を入力する場合に、図メニューの表示／非表示を選択メニューするメニューを設けることにより、ユーザが初心者で属性値の入力ガイダンスが必要な場合と、ユーザが熟練者で、入力ガイダンスの必要がない場合について、選択が可能となることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項29】請求項16に記載の対話形設計支援方式の属性値入力・表示画面において、上記属性モデル中の各属性項目に設定された値が、ユーザの入力したものであるか、デフォルトの値であるか、推論で設定された値であるかを判定し、色を区別して表示することで、属性値の決定した根拠をユーザが容易に確認できる属性値色分表示機能を設けたことを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項30】請求項16に記載の対話形設計支援方式の属性値入力・表示画面において、設計対象モデルの構成機器毎に属性項目を分類し、該分類を見出し項目として一覧表示する機能と、見出し項目をユーザが選択すると、選択された見出し項目の範囲の属性名称欄、属性値欄のみを属性値入力・表示画面に一覧表示する機能により、属性項目数が多くなっても、ユーザが入力したい属性が容易に発見することを可能にする見出し項目一覧メニューを設けたことを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項31】請求項30に記載の対話形設計支援方式の見出し項目一覧メニューにおいて、各見出し項目の範囲の属性値が全て決定済の場合と、少なくとも1つの属

性値が未定の場合で、見出し項目の色を区別して表示する機能を設けることにより、設計が途中であるか、全属性値が決定して終了しているかを、ユーザが容易に判断できることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項32】請求項16に記載の対話形設計支援方式の属性値入力・表示画面において、属性値の型が数値の属性の場合に、不等式による値域をメニュー表示することを特徴とする対話型設計支援方式。

【請求項33】請求項16に記載の対話形設計支援方式の属性値入力・表示画面において、属性モデル中の各属性項目毎に値をロック、アンロックすることを設定可能とする属性ロック、アンロック設定欄を具備することにより、要求仕様の中で、推論中の値の変更拒否をユーザが要求する属性値については、その属性項目のロック／アンロック欄をクリックするとロックがかかり、設計操作実行中にロックされた属性値を変更せず他の属性値を変更することにより、要求仕様を満足する設計案を生成可能にすることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項34】請求項16に記載の対話形設計支援方式の属性値入力・表示画面の属性ロック、アンロック設定欄において、ロックされた属性値のロック／アンロック欄を再度クリックすることにより、アンロック状態に戻し変更可能とすることで、ロック要求の取消が容易に行なえることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項35】請求項16に記載の対話形設計支援方式の推論実行を起動するためのコマンドメニューを表示する実行コマンドメニュー表示画面において、設計途中に矛盾が発生した場合の属性値変更方法を指示する、あるいは制約を緩和し代替の設計案を生成する手順のガイダンス機能を実行する手順ガイドコマンドメニュー、推論実行後決定した属性値に基づき設計案表示を実行する検討図表示コマンドメニュー、推論モードを設定した制御パネル画面を呼出し表示する制御パネルコマンドメニュー、およびシステム終了コマンドメニューを設けることにより、ユーザが行ないたい機能が容易に選択できることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項36】請求項16に記載の対話形設計支援方式の属性値入力・表示画面において、設計対象モデルの形状パターンを表す基本構造に関する属性値が入力されると、あらかじめ形状パターン毎に登録されたノットスケールの形状データを、該入力属性値をキーとして検索し、表示する機能、およびユーザが属性値入力・表示画面の属性名称欄をクリックすると上記属性モデル中の各属性項目が、設計対象モデルの形状のどの寸法に対応するか判定し、ノットスケール図上に形状と色を区別して寸法線を表示する機能をもち、入力しようとする属性の内容をユーザが容易に確認できる属性値入力用ノットスケール図表示機能を設けたことを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項37】請求項16に記載の対話形設計支援方式

において、属性値入力・表示画面と、属性値入力用ノットスケール図画面あるいは設計案表示画面と、推論実行、手順ガイドコマンドメニューを同時に表示する機能により、ユーザの入力した属性値の内容、および入力された属性値に基づき生成された設計案とを見比べることができ、ユーザの設計案に対する評価を容易に行なえると共に、問題がある場合には、手順ガイダンス選択メニューを直ちに選択でき、対策の操作を容易に行なえることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項38】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、入力属性値に対する設計案の生成、あるいは設計途中での属性値の変更や、矛盾の発生の場合に、設計対象モデル切替機能が、製品構造に応じて必要な属性集合と制約集合となるように、設計案の生成に使用する設計対象モデルの属性と制約知識を自動的に切り替えた後に、属性名称欄と属性値欄の切替後の一覧を表示して、さらに1つの属性値欄がユーザに選択されると、該属性値の切替後の選択可能な値を文字または図メニューとして表示する機能を具備することにより、製品構造が変化する場合にもユーザが整合性のとれた属性値の入

【請求項39】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、該対話形設計支援方式の立ち上げ時に、ユーザが新規の物件用に設計案を作成したい場合と、既に作成した物件の設計案を修正したい場合に応じてシステムの運用を選択できる新規／既登録物件データ選択画面を表示する機能を設計データ管理部の入力ガイダンス手段中に具備することにより、運用目的によってユーザが選択できることを特徴とする対話形設計支援方式。

【請求項40】請求項16に記載の対話形設計支援方式において、属性項目名、属性項目値を登録、修正する属性モデル構築・修正画面を表示する機能と、制約、手順ノウハウの知識を登録、修正する制約知識登録・修正画面を表示する機能より成る設計モデル構築部をさらに具備することにより、設計対象モデルの構築を容易に行なえる対話形設計支援方式。

【請求項41】請求項1に記載の設計支援方式において、製品の設計仕様項目である属性モデルと、各属性項目間の関連規則である制約知識と、製品構造に応じて必要な属性集合と制約集合を定義する製品構造知識とを格納する設計対象モデル記憶手段、および、各属性および制約毎の重みデータを顧客の要求パターン毎に複数登録する設計戦略知識と、設計途中に属性値の矛盾が生じた場合の対策ノウハウとを具備し、入力ガイド手段により、ユーザが入力した要求仕様の中で製品構造に対する属性値に対して、製品構造知識に基づき、設計対象モデル記憶手段中の属性と制約の内で、設計案の生成に使用する属性集合と制約知識の活性化状態を切り替えるモデル切替手段を具備することにより、構造変化に対応可能である、

またユーザが入力した顧客の要求パターンNo. に応じて、設計戦略知識中の重みデータを読み出し、各属性、制約に割り付ける設計戦略管理手段を具備すること、および該属性モデル中の値設定済の属性項目と制約知識に基づき起動可能な制約を抽出する起動可能制約抽出手段と、各制約および属性に割り付けられた重みデータに基づいて、抽出された複数の実行可能制約の内で重要度の大きい制約を優先的に実行する制約を判定する起動制約判定手段とを具備することにより、多様な顧客の要求パターンに応じた設計手順を生成できる、

また設計途中に属性値の矛盾を生じた場合に、矛盾を解消するための製品構造属性値変更方法、要求の入力属性値変更方法あるいは制約緩和方法に関する対策ノウハウを用いて、代替の設計案を生成するためのアドバイスを伴う手順ガイド手段を具備することにより、設計の状況に応じた適切なアドバイスのノウハウを取り込み可能である、ことを特徴とし、迅速に設計解を算出できる設計支援方式。

【請求項42】請求項1に記載の設計支援方式において、設計対象モデルの形状パターンを表す基本構造に関する属性値が入力されると、あらかじめ形状パターン毎に登録されたノットスケール図形の形状データを、該入力属性値をキーとして検索する手段と、検索されたノットスケール図形を表示する手段、およびユーザが要求属性値入力手段の属性名称欄をクリックすると設計対象モデル中の各属性項目が、設計対象モデルの形状のどの寸法に対応するか判定し、ノットスケール図上に形状と色を区別して寸法線を表示する機能をもち、入力しようとする属性の内容をユーザが容易に確認できる属性値入力用ノットスケール図表示手段を設けたことを特徴とする設計支援方式。

【請求項43】請求項1に記載の設計支援方式において、ノットスケール図形データと、図形データと属性項目名の対応と、ノットスケール図形の検索条件を登録するノットスケール図形データ登録手段をさらに具備することにより、ノットスケール図形データの構築を容易に行なえる設計支援方式。

【請求項44】請求項1に記載の設計支援方式において、属性とそれら属性間に存在する制約条件とによって設計対象をモデル化し、設計者が要求仕様に基づいて値を入力した属性を含む既に値の定まった属性の値から制約条件を用いて未決定の属性の値を次々と求めることによって設計解を得るような設計支援システムにおいて、値を入力された属性を含む既に値の定まった属性の値が制約条件を満足しない場合に設計者がこの制約条件を緩和することを指定するための制約条件緩和手段と、設計解または設計途中結果を格納するときにこれと関連付けて設計解または設計途中結果を得るに至った各制約条件の緩和レベルを記憶する制約緩和レベル記憶部を設けた制約管理方式を具備する設計支援方式。

【請求項45】設計者が属性値を入力する替わりに他の設計システムから属性値が自動設定される請求項44に記載の制約管理方式。

【請求項46】設計者が緩和する制約及び緩和レベルを指定する替わりにシステムが緩和する制約及び緩和レベルを自動決定する請求項44に記載の制約管理方式。

【請求項47】各制約の緩和レベルとともにその制約を緩和した設計意図を併せて記憶する設計意図格納部を有する請求項44に記載の制約管理方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は設計支援を目的としたコンピュータ・ソフトウェアの分野で、多様な属性項目、属性値のバリエーションをもつ製品について、顧客の要求を満たす製品の属性項目値を制約に基づいて決定していく過程において、設計の状況に応じて適切な設計手順を決定し、また途中で矛盾が発生した場合等にユーザを手順をガイドしながら要求を満たす設計案を求めるための設計支援方式及びこれを有する設計支援装置、及びこの設計支援装置を複数有する設計支援システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

<機能>近年、知識工学の技術を設計問題に応用し、設計対象（製品）を規定する属性と、それら属性間に存在する制約条件とによって製品をモデル化し、設計者が要求仕様に基づいて属性の値を入力すると制約条件が起動され未決定の属性の値を次々と決めていくことによって設計案を得るような設計支援システムが出現している。例えば、特開平2-126370公報に記載のように、燃費、回転半径といった性能評価項目と、これを求めるために必要なギア比といった入力データの関係のように、設計に必要な属性および当該属性値を求めるために必要な属性の情報を定義したフレームを階層構造に配列し、個々の属性に関する設計順序付け、即ち設計手順を入力属性から出力属性を算出する計算式とともに記憶しておき、入力データとして定義されている最下層の属性値の入力あるいは変更に対しても、効率よく設計手順、即ち属性値の設定手順や修正手順を生成し、設計解が得られるようになっている。

【0003】また、知識処理を用いて設計対象を構成する複数の機器の属性値や、機器の配置であるレイアウトの属性値を決定するための方法として、特開平3-92972公報に記載のように設計対象の形状や配置に関する制約知識と、各機器の配置順序に関する知識、配置後の評価知識を用いて、配置順序の早い機器から順に制約を満たす候補位置を探索し、複数の候補位置の内一つを選択し

た後、選択された候補位置を制約条件として、次に配置順序の早い機器の候補位置を探索して一つ選択する。途中で機器の候補位置が見つからなければ、バックトラック（後戻り）して、直前に配置した機器の候補位置を変更し、変更された位置で、次の機器の候補位置を探索する。この流れを繰り返す、即ち属性値候補の全探索によって、全機器の位置が矛盾なく決定することで要求仕様を満足する設計案を得ていた。

【0004】

10 【発明が解決しようとする課題】

<機能>上記の特開平2-126370号公報に記載の従来技術では、個々の属性に関する設計順序付けを階層構造に配列する段階で、入力可能な属性項目を予め階層構造の最下層に定義する必要があり、また属性間の関連規則である制約も入力属性から出力属性を算出する計算式等の形で手続的に表現するため、入力属性が予め想定できないような設計には適用できない。例えば、属性Aと属性Bに $A = B + \alpha$ という関係（制約）がある時、「ある場合には属性Aが既知でこの値から属性Bを求めたいが、別の場合には属性Bが既知でこの値から属性Aを求めたい」といった複数の要求に対応して、 $B = A - \alpha$ 、 $A = B + \alpha$ という関係規則を同時に表現することができないので設計手順の生成ができない。即ち、この従来技術は、入力属性と出力属性の関係が固定であり、設計手順が明確な小規模な問題にしか適用できず、入力属性と出力属性が予め想定できないような多様な要求パターンをもつ設計には対応できないという問題があった。

【0005】また特開平3-92972号公報に記載の従来技術では、設計対象を構成する複数の機器の属性値が全て決定した後、配置順序の早い機器から順に配置してみ、他の機器の候補位置があるか探索しながらレイアウトの属性値を決定していく、即ち機器選定とレイアウトの問題が分離しているため、機器の属性値が原因でレイアウトが決まらない場合でも、候補位置レイアウトの全探索処理を全て試してから、設計案が最後まで得られない場合に初めて機器の属性値の選定に戻ってやり直すことになり、設計の後戻りが発生して要求仕様を満足する設計案を得られるまでに時間がかかるという問題があった。

40 【0006】また設計操作の過程で、機器が配置される周囲の建屋の構造等が変更されると、これに応じて機器やレイアウトの属性集合や制約集合である製品構造が変化するが、従来の方法では、探索過程でこのような設計対象のデータ構造の変化が発生すると対応できないという問題があった。

【0007】また従来方法の、設計の手順に沿った知識の内容は、各機器のレイアウト順序が固定のフローであるため、この順序にしたがった属性値の決定しか行なえず、設計の状況に応じて機器の配置順序を決めるといった設計手順の生成ができないという問題があった。

【0008】また属性値間で矛盾が発生した場合の解消方法等のヒューリスティックな知識を埋込みにくいため、設計操作の過程で矛盾が発生した場合、ユーザが入力をやり直して試行錯誤を繰り返すという問題があった。

【0009】また全ての制約を満足する設計案がない場合に、要求仕様をできるだけ満足する代替設計案を求められないという問題があった。

【0010】またレイアウトは、各機器の候補位置をいずれか1つを選択し、これに依存して次の機器の候補位置を求めていく全数探索の方法であるため、効率的に最適な設計案を求めることができないという問題があった。

【0011】また各属性の候補の値を一つずつ選んで、その値に基づいて他の属性の値を決めるため、機器や、レイアウトの複数の候補設計案を一度に生成することができず、入力した属性値からどのような設計案が候補としてとりうるかユーザが分からないという問題があった。

【0012】また初めに要求仕様として入力した属性値により可能な設計演算を全て実行した後でも、全ての属性値が決まっていなかった場合、新たに何れかの属性値を入力しなければ処理が止まってしまい設計案が求められないが、設計を先に進めるためにユーザにどの属性値を入力すべきか指示する方法がないため、試行錯誤をする必要があるという問題があった。

【0013】本願発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、多様な要求パターンに応じた設計手順を自動的に生成し、設計操作の過程で生じた属性値の複数候補の発生、属性値間での矛盾の発生といったユーザの判断を要する局面において設計手順をガイドすることができ、設計案を正確・迅速に作成できる設計支援方式を提供することを目的とする。

【0014】＜画面・操作＞またユーザの要求仕様入力時のガイダンス画面や、入力された多様な要求仕様のパターンに応じて設計手順を自動的に生成後、推論の過程で生じた属性値の複数候補の発生、属性値間での矛盾の発生といったユーザの判断を要する局面において、必要な指示メッセージを対話画面として表示することによって、設計手順をガイドすることができ、設計案を対話形で正確・迅速に作成できる設計支援方式を提供することを目的とする。

【0015】＜見方を変えた構成図＞また属性値を決定する方法として、入力された属性値からデータ駆動して制約を起動し、満足するように他の属性値を決定していく制約伝播による方法（G.L.Steel Jr. : The Definition and Implementation of a Computer Programming Language Based on Constraints, AI-TR-595, MIT(1978)）が従来あるが、実用規模の制約・属性をもつ製品の仕様決定に本方法を適用する場合に、以下の点で問題が

ある。

【0016】1）入力した顧客の要求する属性値に対して、通常は起動可能な制約が複数存在し、どの制約から実行するかという競合が発生するが、競合した場合にどの制約から実行するか判定していない。即ち設計手順を考慮していない。このため例えば制約の記述順に実行すると、重要でない制約が先に起動して、後で重要な制約で矛盾を生じることも有り、顧客の要求を変更して設計をやり直さなければならず、ユーザの試行錯誤の回数が増加する。

【0017】2）1）に関して設計手順を考慮した制約伝播を実行する場合でも、顧客の要求する属性値と、それに対する推論結果として出力されるべき属性値の関係が全く異なる数パターンがあり、パターンによっては設計手順が全く逆となる場合もある。したがって競合する起動可能な制約の実行順序は顧客の要求パターンに応じて異なるため、適切な設計手順を決定するには要求パターンに応じて実行順序の切替を行なうしくみが必要である。

【0018】3）1つの設計対象には通常、構造に何種類かのバリエーションがあり、このパターンによって対象製品を表わす属性集合や制約集合が異なる場合がある。しかし従来の制約伝播の方法では、途中で制約・属性の切り替えが発生する場合には対応していない。

【0019】4）制約伝播の途中で矛盾が発生した場合、その効率的な解消方法をガイドすることができない。熟練者は属性、属性間の関連を表す制約の対応関係である制約ネットワークと、各属性の定性的な相互作用を、過去の経験から把握しており、どの属性を変更するべきか、またはどの制約を緩和するべきかといった対策ノウハウをもっている。そこで制約伝播の矛盾発生時にノウハウを利用できるしくみが必要である。

【0020】また、制約を1階述語論理の形式で表現し、Prolog言語処理系で動作させる制約論理プログラミング等の言語が開発されている。しかし、

5）制約を入力するのは、設計対象の設計者であり、設計対象の知識は有するが、言語記述の知識は十分でない場合が多い。したがって言語の形式で制約の記述を行なわせるのはできるだけ避け、設計者の用いる技術資料の表や等式、不等式といった表現で制約を記述できるようにする必要がある。

【0021】6）この言語処理系は、基本的には深さ優先で全解探索して解を発見する。したがって探索途中で矛盾が発生した場合は、バックトラックし整合性がとれるまで探索を繰り返すため、処理を起動してからシステムの回答が戻るまでに時間がかかる。対話形の設計支援システムの場合、矛盾が発生した時点で要求を変更したい場合が考えられるが、この処理方法では全解探索して終わるまで変更できない。

【0022】7）3）のように設計対象を表わす属性集

合や制約集合の切替が途中で発生する場合は、この処理系では探索木の規模が切替のバリエーションだけ増大したことになり、組合せ爆発が生じてしまい、探索時間が非常にかかるため、ユーザが対話形で満足する解を求めたい場合には適さない。

【0023】本発明では、上記の問題点に対応でき、迅速な設計案を作成できる設計支援方式を提供することを目的とする

<入力用ノットスケール図形>また設計対象を構成する機器の仕様、配置に関する属性に、顧客が要求する値をユーザが入力する方法は、顧客側の図面中から、要求する寸法の位置と値を抽出し、これに対応する属性項目名を調べてから、属性値入力画面上で、ユーザが該属性項目名を見つけて値を入力していた。また、設計案が最後まで得られない場合には、設計の後戻りが発生して、要求仕様を変更するために再度属性値の入力を行なう必要があり、満足する設計案を得られるまでに、図面上の寸法を読み取って属性値を入力する回数が増えて、データの入力に時間がかかるという問題があった。

【0024】この発明は、上記のような問題点を解決するためになされたもので、設計対象モデルの形状パターンを表す基本構造に関する属性値が入力されると、パターンに対応したノットスケール図形を表示することにより、ユーザが要求属性値入力手段の属性名称欄をクリックすると設計対象モデル中の各属性項目が、設計対象モデルの形状のどの寸法に対応するか判定し、ノットスケール図上に形状と色を区別して寸法線を表示する機能をもち、入力しようとする属性の内容をユーザが容易に確認できることによって、設計手順をガイドすることができ、設計データを迅速に入力できる設計支援方式を提供することを目的とする。

【0025】<制約管理方式>また通常の製品設計においては、まず、可能な限り標準部品や標準製作法等を利用することを考えるが、要求仕様が厳しく標準部品や標準製作法等では設計解が見出せない場合は多少コストや期間がかかっても特殊部品や特殊な製作法を利用することを検討するという順序で設計者は思考する。そのため、このような設計を制約を用いて支援するシステムを考える場合には、制約条件を標準部品や標準製作法等を前提とした標準制約と特殊部品や特殊な製作法等を考えた非標準制約とに分けて記述しておき、まず、標準制約のみを有効として設計を進め、矛盾が生じた場合に非標準制約に制約条件を順次緩和していくという方法をとる必要がある。このとき、どの制約条件まで緩和したかを制約緩和レベルと呼ぶ。

【0026】しかし、過去の設計解を利用する場合や、設計を一時中断して別の設計を行ったりシステムを停止させた後に設計を再開する場合や、設計の途中で別の部署に設計を引き継ぐ場合に対する配慮がなされていないため、設計を再開するとその設計解または設計途中結

果を導いた設計作業の際になされた意志決定、判断の内容が消失される、即ちどの制約条件をどの緩和レベルまで緩和したかの情報が消失され緩和した制約条件が再び有効となってしまうために設計解または設計途中結果の属性の値の間に制約を満足しない矛盾が検出され、その矛盾の内容を再度検討しなければならないという問題があった。

【0027】本発明の目的は上記の問題点をなくし、設計解または設計途中結果を用いて設計解を修正したり設計作業を継続する場合に、その設計解または設計途中結果を得るに至った緩和された制約条件を用いて設計解を修正したり設計作業を継続することが可能となるような制約管理方式を具備する設計支援方式を提供することにある。

【0028】<候補解生成>上記までに記した、推論方法は入力された属性値から、起動できる制約を順次実行して未定の属性値を決定していく方法であり、要求を満足する1つの設計解を効率的に求める方法である。しかし、顧客の要求によっては、要求を満足する全ての設計解を知りたい場合がある。

【0029】本発明では、入力された属性値を満足する全ての設計解を、制約、属性を用いて求める候補解生成手段を具備する設計支援方式を提供することにある。

【0030】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明による設計支援方式は、設計データ管理部と設計操作実行部と設計手順誘導部とを設ける構成としている。即ち設計対象の属性項目と属性値を格納する属性モデルと、属性項目間の制約を格納する制約知識より成る設計対象モデル記憶手段と、要求仕様入力時に値の選択をガイドし、入力された値を属性モデルに設定する入力ガイド手段、入力あるいは推論／演算の結果として属性モデルに設定されている属性値をもとに、設計案を出力する設計案表示手段から構成される設計データ管理部と、設計対象モデル中の属性項目に設定された値を用いて、値が未定の属性項目に対して推論／演算を行なう局所制約伝播手段と、各属性値に複数の候補値や値の範囲がある場合に、同時に制約を満足する各属性値の組合せや値の範囲を推論／演算して求める候補解生成手段と、属性値間の整合性をチェックする矛盾検出手段より成る設計操作実行部と、さらに設計対象モデルにより各属性と制約のネットワークを生成し、該制約ネットワークを用いて要求が入力された場合や既に設定済の属性値が変更された場合に、各々制約伝播の実行順序を決定する制約伝播実行順序決定手段と、設計途中で矛盾が発生した時に、該矛盾を解消するための属性値変更方法、または制約を緩和し代替の設計案を生成するための制約緩和方法を指示する手順ガイド手段とから構成される設計手順誘導部とを設けるものである。

【0031】また本発明による設計支援方式では、機器

やレイアウトの仕様に関するデータは属性項目、および属性間の因果関係は属性項目間の等式、不等式、テーブルで表わされる制約、仕様の決定手順は制約ネットワーク上の制約伝播による属性値の決定順序として統一的に表わすことができ、また属性値は制約ネットワーク上を双方向で制約伝播しながら決定することができるので、必ずしも機器を全て決定した後にレイアウトを決定する必要がなく、よりリバーシブルな設計を可能とするものである。またユーザが属性と制約を追加するのみで、後の属性間の対応付けである制約ネットワークの生成は設計支援装置で行なわれ、制約ネットワーク中に、複数の平面間の関係も含まれるので、これを考慮した設計案の生成を行なうことができる。

【0032】また本発明による設計支援方式では、入力された要求仕様に対応して、あるいは設計途中での変更に対応して、設計案の生成に使用する設計対象モデルを自動選択する、設計対象モデル切替機能により、製品構造のダイナミックな変化に追従して適切な設計対象モデルを自動的に選択し、設計を続行することを可能とするものである。

【0033】また本発明による設計支援方式では、レイアウトや、機器の各属性値はユニフィケーションのように知識の記述順に従って全数探索を行なうのではなく、入力された属性値と、属性値に対するロック／アンロック指定等の制御フラグ、各属性値が新規設定されたか、または修正設定されたか、或いは属性値間で矛盾が発生中であるかを表わす設計状況のデータにより、制約ネットワーク上で起動可能な制約を逐次発見し、複数起動可能な制約があれば実行順序を決定する、または設計操作の途中で、既に設定済の属性値に対して変更が加えられた場合に、関連する制約が矛盾しないように、関連する他の属性値を次々に修正していく修正伝播の実行順序を決定する制約伝播実行順序決定手段により、多様な要求仕様に応じて効率的に属性値の決定を行なうための設計手順の自動生成を可能とするものである。

【0034】また本発明による設計支援方式では、上述の制約伝播実行順序決定を行う際に、起動すべき制約が複数存在する場合に、予め各属性項目および制約に対して割り振られた重要度を表す重みデータを参照し、競合する制約の重みの比較を行い、より重要な制約を優先的に実行させる、また、競合する制約の重みが同一の場合には各制約に関連する属性項目の重みの比較を行い、より重要な属性項目を設定可能な制約を優先的に実行させることにより、制約実行順序や方向を制御できるので、要求パターンに合致した適切な設計手順を生成可能とするものである。

【0035】また本発明による設計支援方式では、上述した各属性項目および制約毎の重要度を表す重みデータを複数登録しておき、要求パターンに応じて重みデータを読み出し属性・制約に割付ける設計戦略管理手段と、

ユーザが要求パターンを選択する手段を用いることにより、多様な要求パターンに応じた設計手順の自動生成を可能とするものである。

【0036】また本発明による設計支援方式では、設計操作の過程で矛盾が発生して、全ての制約を満足する設計案がない場合、矛盾解消方法に関して経験的に蓄えられたヒューリスティックな知識に基づき仕様変更方法を示す矛盾解消機能と、設計案の生成に使用している制約の緩和を行ない、要求仕様をできるだけ満足する代替設計案を求める制約緩和機能と、要求仕様として入力した属性値により設計演算が可能な部分を実行した後で、全ての属性値が決まっていなかった場合、新たにどの属性値を入力すれば、他の未定の属性値を制約伝播して最も多く決定できるかを計算し、ユーザにその属性値を入力するように指示する質問生成機能とからなる手順ガイド手段により、ユーザが行なう試行錯誤の回数を減少させ、効率的な設計を可能とするものである。

【0037】また本発明による設計支援方式では、制約により機器や、レイアウトの属性の候補値や値の範囲が発生した場合に、制約ネットワーク上の複数の制約を考慮し、これらの相互関係から同時に満足する属性値の組合せや値の範囲である候補設計案を生成する。または制約伝播中に属性の候補値が発生する毎に、逐次候補値を表示し、ユーザに値を選択させて、その値について他の属性値を制約伝播により決めていく候補解生成手段により、要求仕様に対して可能な複数の設計案を見た上で判断できることを可能とするものである。

【0038】また本発明による設計支援方式を有し、設計解を求め、図面出力や手配を行なう設計支援装置である。

【0039】また本発明による設計支援方式を有する複数の設計支援装置とデータを共有するファイルサーバで構成され、設計の途中結果をファイルサーバに格納し、各設計支援装置から参照できることで、連携した処理を行なえる設計支援システムである。

【0040】また本発明による営業に設置された設計支援方式を有する複数の設計支援装置と、工場に設置された設計支援装置と、2者を接続するネットワークにより構成され、設計において、顧客から特殊な要求仕様が出された場合に、営業から工場の設計者に問合せし、回答をオンラインで迅速に得て、設計案を作成できる設計支援システムである。

【0041】また本発明による営業に設置された設計支援方式を有する複数の設計支援装置と、工場に設置された設計支援装置と、2者を接続するネットワークにより構成され、工場側の設計支援装置から、営業側の設計支援装置中の設計対象モデルの知識を登録、変更できる設計支援システムである。

【0042】また、本発明による設計支援方式は、前記、設計データ管理部と設計操作実行部と設計手順誘導

10

20

30

40

50

部の行なう処理をユーザとの対話操作で進められるように、ユーザが要求仕様を入力する場合に、属性名称欄と属性値欄を一覧表示して、1つの属性値欄がユーザに選択されると、該属性値の選択可能な値を文字または図メニューとして表示して、属性値の入力をガイドする、および推論/演算の結果として該属性モデルに設定されている属性値を表示する属性値入力・表示画面と、推論実行を起動するためのコマンドメニューを表示する実行コマンドメニュー表示画面と、推論の実行結果の属性値に基づき、設計対象モデルの形状データを生成し設計案を表示する設計案表示画面とから構成し、ユーザの要求仕様の入力と、推論によって決定した製品の設計仕様の確認を容易に行なえるようにするものである。

【0043】また、本発明による設計支援方式は、制約伝播の実行状況をトレースして、属性値の決定順に表示する推論実行トレース画面を表示する機能を設計操作実行部の局所制約伝播実行手段中に具備することにより、ユーザが制約伝播実行状況を確認できるようにするものである。

【0044】また、本発明による設計支援方式は、設計対象モデル中の属性項目に設定された値と、設計状況のデータと制約知識を用いて、値が未定の属性項目に対して値の推論/演算を行なった属性値に複数の組合せがある場合、属性値選択可能組合せ画面を表示する機能を設計操作実行部内に具備することにより、対話形でユーザに組合せを選択させ候補を絞れるようにするものである。

【0045】また、本発明による対話形設計支援方式は、制約伝播を実行して属性値が決定した後、設計基準を表す不等式の形態の制約を全てチェックし、チェック結果を表示する設計案評価結果画面を表示する機能を設計操作実行部の矛盾検出手段中に具備することにより、設計案が設計基準を満たしているかをユーザが確認できるようにするものである。

【0046】また、本発明による設計支援方式は、制約伝播を実行中に矛盾が発生した場合、制約伝播実行を中断して矛盾した制約の内容をメッセージ表示する矛盾発生メッセージ画面を表示する機能を設計操作実行部の局所制約伝播実行手段中に具備することにより、矛盾発生後に無駄な制約伝播を続けることなく、また設計のどこに問題があるかをユーザが確認できるようにするものである。

【0047】また、本発明による対話形設計支援方式は、制約伝播を実行中に矛盾が発生した場合、矛盾を解消するための属性値変更方法を指示する対策立案画面を表示する機能を設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することによって設計手順をガイドするものである。

【0048】また、本発明による設計支援方式は、制約を満足する設計解が得られない場合、制約を緩和して代替の設計案を生成するための制約緩和の内容を表示する

機能を該設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することによって、ユーザの要求に近い設計案を得られるようにするものである。

【0049】また、本発明による設計支援方式は、伝播実行可能な制約がない場合に、制約伝播を続行するために、未定の属性値の中で、値を入力すべき属性項目を決定し、ユーザに質問する質問生成画面を表示する機能を設計手順誘導部の手順ガイド手段中に具備することにより、漏れのない設計を行なえるようにするものである。

【0050】また、本発明による設計支援方式は、推論途中に属性値の選択可能な複数の組合せが発生した場合に、逐次属性値選択可能組合せ画面を表示してユーザに選択を促す処理を行なう推論モード（逐次選択）か、あるいは表示しないで、属性モデル中の各属性の値域に候補値として保持して推論を続行し、推論終了後に属性値入力・表示画面の属性値のメニュー中の候補値を色を区別して表示する処理を行なう推論モード（候補保持）か、を選択できる推論モード選択メニューを表示する制御パネル画面を設けることにより、ユーザが推論実行処理パターンを選択できるようにするものである。

【0051】また、本発明による設計支援方式は、前記の制御パネル画面において、ユーザの多様な設計要求を選択できる要求パターンNo. 選択メニューを具備することにより、該設計データ管理部の設計戦略管理手段が、要求パターンNo. に対応した属性と制約の重要度を、各属性項目および制約に対して要求パターン毎に登録された重要度のデータから読み出し、属性項目、制約に重要度を設定して、この重要度に基づいて制約伝播実行順序を決定し、ユーザの多様な要求に合致した適切な設計手順の生成を可能とするものである。

【0052】また、本発明による設計支援方式は、前記の制御パネル画面において、設計履歴情報の保存/非保存、および推論実行トレース画面の表示/非表示の選択メニューを設けることにより、ユーザが推論実行状況を確認したい場合と、その必要がない場合について、選択が可能となるようにするものである。

【0053】また、本発明による対話形設計支援方式は、前記の制御パネル画面において、属性値を入力する場合に、図メニューの表示/非表示を選択メニューするメニューを設けることにより、ユーザが初心者で属性値の入力ガイダンスが必要な場合と、ユーザが熟練者で、入力ガイダンスの必要がない場合について、選択が可能とするものである。

【0054】また、本発明による設計支援方式は、前記の属性値入力・表示画面において、属性モデル中の各属性項目に設定された値が、ユーザの入力したものであるか、デフォルトの値であるか、推論で設定された値であるかを判定し、色を区別して表示する属性値色分表示機能を設けたことにより、属性値の決定した根拠をユーザ

が容易に確認できるようにするものである。

【0055】また、本発明による設計支援方式は、前記の属性値入力・表示画面において、設計対象モデルの構成機器毎に属性項目を分類し、該分類を見出し項目として一覧表示する機能と、見出し項目をユーザが選択すると、選択された見出し項目の範囲の属性名称欄、属性値欄のみを属性値入力・表示画面に一覧表示する機能をもつ見出し項目一覧メニューを設けたことにより、属性項目数が多くなっても、ユーザが入力したい属性が容易に見出せることを可能にするものである。

【0056】また、本発明による設計支援方式は、前記の見出し項目一覧メニューにおいて、各見出し項目の範囲の属性値が全て決定済の場合と、少なくとも1つの属性値が未定の場合で、見出し項目の色を区別して表示する機能を設けることにより、設計が途中であるか、全属性値が決定して終了しているかを、ユーザが容易に判断できるようにするものである。

【0057】また、本発明による設計支援方式は、前記の属性値入力・表示画面において、属性値の型が数値の属性の場合に、不等式による値域をメニュー表示することで、ユーザが入力するべき範囲をガイドするものである。

【0058】また、本発明による設計支援方式は、前記の属性値入力・表示画面において、属性モデル中の各属性項目毎に値をロック、アンロックすることを設定可能とする属性ロック、アンロック設定欄を具備することにより、要求仕様の中で、推論中の値の変更拒否をユーザが要求する属性値については、その属性項目のロック／アンロック欄をクリックするとロックがかかり、設計操作実行中にロックされた属性値を変更せず他の属性値を変更することにより、要求仕様を満足する設計案を生成可能にするものである。

【0059】また、本発明による設計支援方式は、前記の属性値入力・表示画面の属性ロック、アンロック設定欄において、ロックされた属性値のロック／アンロック欄を再度クリックすることにより、アンロック状態に戻し変更可能とすることで、ロック要求の取消が容易に行なえるようにするものである。

【0060】また、本発明による設計支援方式は、推論実行を起動するためのコマンドメニューを表示する実行コマンドメニュー表示画面において、設計途中に矛盾が発生した場合の属性値変更方法を指示する、あるいは制約を緩和し代替の設計案を生成する手順ガイド機能を実行する手順ガイドコマンドメニュー、推論実行後決定した属性値に基づき設計案表示を実行する検討図表示コマンドメニュー、推論モードを設定した制御パネル画面を呼出し表示する制御パネルコマンドメニュー、およびシステム終了コマンドメニューを設けることにより、ユーザが行ないたい機能が容易に選択できるようにするものである。

【0061】また、本発明による設計支援方式は、前記の属性値入力・表示画面において、設計対象モデルの形状パターンを表す基本構造に関する属性値が入力されると、あらかじめ形状パターン毎に登録されたノットスケールの形状データを、該入力属性値をキーとして検索し、表示する機能、およびユーザが属性値入力・表示画面の属性名称欄をクリックすると上記属性モデル中の各属性項目が、設計対象モデルの形状のどの寸法に対応するか判定し、ノットスケール図上に形状と色を区別して寸法線を表示する機能をもち、入力しようとする属性の内容をユーザが容易に確認できる属性値入力用ノットスケール図表示機能を設けたものである。

【0062】また、本発明による設計支援方式は、前記の属性値入力・表示画面と、属性値入力用ノットスケール図画面あるいは設計案表示画面と、推論実行、手順ガイドコマンドメニューを同時に表示する機能により、ユーザの入力した属性値の内容、および入力された属性値に基づき生成された設計案とを見比べることができ、ユーザの設計案に対する評価を容易に行なえると共に、問題がある場合には、手順ガイド機能を直ちに選択でき、対策の操作を容易に行なえるようにするものである。

【0063】また、本発明による設計支援方式は、入力属性値に対する設計案の生成、あるいは設計途中での属性値の変更や、矛盾の発生の場合に、設計対象モデル切替機能が、製品構造に応じて必要な属性集合と制約集合となるように、設計案の生成に使用する設計対象モデルの属性と制約知識を自動的に切り替えた後に、属性名称欄と属性値欄の切替後の一覧を表示して、さらに1つの属性値欄がユーザに選択されると、該属性値の切替後の選択可能な値を文字または図メニューとして表示する機能を具備することにより、製品構造が変化する場合にもユーザが整合性のとれた属性値の入力を行なえるようにするものである。

【0064】また、本発明による設計支援方式は、該設計支援方式の立ち上げ時に、ユーザが新規の物件用に設計案を作成したい場合と、既に作成した物件の設計案を修正したい場合に応じてシステムの運用を選択できる新規／既登録物件データ選択画面を表示する機能を設計データ管理部の入力ガイダンス手段中に具備することにより、運用目的によってユーザが選択できるようにするものである。

【0065】また、本発明による対話形設計支援方式は、属性項目名、属性項目値を登録、修正する属性モデル構築・修正画面を表示する機能と、制約、手順ノウハウの知識を登録、修正する制約知識登録・修正画面を表示する機能より成る設計モデル構築部をさらに具備することにより、設計対象モデルの構築を容易に行なえるようにするものである。

【0066】また、本発明による設計支援方式は、制約、属性の重要度を表す重みデータと制約伝播可能方向

10

20

30

40

50

データを用いて、入力された属性値に対して起動可能な制約を抽出する起動可能制約抽出手段と、起動可能制約が複数あるときの競合解消を行なう起動制約判定手段を具備して、要求に対して適切な設計手順を生成可能とするものである。

【0067】また、本発明による設計支援方式は、顧客の要求する属性値と、それに対する推論結果として出力されるべき属性値の関係が全く異なるパターンである顧客の要求パターンに応じて、設計手順の使いわけを行なうために、各制約、属性の重みデータを複数の要求パターン毎に格納する設計戦略知識を具備することにより、要求に対して適切な設計手順を可能とするものである。

【0068】また、本発明による設計支援方式は、製品構造毎のとりうる属性集合を定義する製品構造知識と、制約知識中の制約の使用条件に基づき、制約伝播に用いる制約・属性集合の切替を行なうモデル切替手段を具備することにより、制約・属性集合を動的に切替えて推論可能とするものである。

【0069】また、本発明による設計支援方式は、推論の途中で矛盾が発生した場合、その時点で推論を中断し、矛盾の状況を警告し、ユーザが対策立案を選択すれば対策ノウハウに基づいて、製品構造の変更や、制約の緩和、入力した属性値の変更に関する矛盾解消方法をアドバイスする対策ノウハウアドバイス手段とアドバイスにしたがってユーザが緩和する制約を選択すると、制約レベルを変更する制約緩和手段を具備することにより、矛盾発生時も迅速に対応可能とするものである。

【0070】また、本発明による設計支援方式は、制約を表や等式、不等式の形式で記述でき、言語を記述するための知識の不足したユーザでも知識の登録を可能とするものである。

【0071】また、本発明による設計支援方式は、設計対象モデルの形状パターンを表す基本構造に関する属性値が入力されると、あらかじめ形状パターン毎に登録されたノットスケール図形データを、該入力属性値をキーとして検索するノットスケール図形検索手段と、検索されたノットスケール図形を表示して、ユーザが属性値入力・表示画面の属性名称欄をクリックすると上記属性モデル中の各属性項目が、設計対象モデルの形状のどの寸法に対応するか判定し、ノットスケール図上に形状と色を区別して寸法線を表示するノットスケール図形表示手段とを設けることにより、入力しようとする属性の内容をユーザが容易に確認できるようにするものである。またノットスケール図形データと、図形データと属性項目名の対応と、ノットスケール図形の検索条件を登録するノットスケール図形データ登録手段を設けることにより、ノットスケール図形データの構築を容易に行なえるようにするものである。

【0072】また、本発明による設計支援方式は、設計解または設計途中結果を導くために緩和された制約条件

及び緩和レベルを保持する制約緩和レベル記憶部を設けるものである。また制約条件を緩和するに至った設計意図を記憶する設計意図格納部を設けるものである。

【0073】また、本発明による設計支援方式は、要求に対して、とりうる全ての設計解の候補を出力する候補解生成手段を具備することにより、ユーザが候補解の中から、希望に最も近いものを設計解として選択することを可能とするものである。

【0074】

【作用】

<機能>上記設計支援方式を有する設計支援装置は、ワークステーション等により処理が行なわれる。はじめに設計データ管理部の設計戦略管理手段により、ディスプレイ上に設計パターンの選択メニューが表示され、ユーザである営業技術者が設計パターンを選択すると、設計戦略管理手段は、設計パターン毎に登録してある各属性項目、制約の重みデータを設計対象モデル記憶手段中の属性・制約に割り付ける。次に、設計データ管理部の属性値入力ガイド手段により、ディスプレイに設計対象の各属性値に関するメニューを表示し、顧客の要求する属性値を、ユーザが入力すると、入力した属性値が設計対象モデル記憶手段中の属性モデルの対応する属性項目に設定される。入力が終了すると、設計データ管理部は、入力された要求仕様に対応して、設計案の生成に使用する設計対象モデルのタイプを自動選択する。次に属性値の設定状況や、「値の新規設定」或いは「値の修正」、或いは「矛盾発生」等である設計状況を参照して、設計手順誘導部が設計解を求めるための手順を決定する。例えば、設計状況が「値の新規設定」の場合には、設計手順誘導部の制約伝播実行順序決定手段が起動されて、設計データ管理部にある設計対象モデル記憶手段に保持されている制約知識の内、設定済の属性値や、属性値に対するロック、アンロック指定の有無を参照して起動可能な制約を抽出し、複数抽出された場合には、新規制約伝播実行する制約を一つ決定し、また設計状況が「値の修正」の場合には、値を修正した属性項目に関連し、さらに属性値に対するロック、アンロック指定の有無により起動可能な制約を抽出して、複数抽出された場合には、修正伝播実行する制約を一つ決定し、設計操作実行部に制約名と関連する属性値を設計操作実行部に設計手順のデータとして送信する。ここで、起動可能な制約が複数抽出された場合には、競合する制約の重みの比較を行い、最も重要度が大である制約を起動対象として決定する。さらに、最も重要度が大である制約が複数存在する場合には、競合する制約に関連する属性項目の重みの比較を行い、より重要な属性項目を設定可能な制約を起動対象として決定する。

【0075】設計状況が「矛盾発生」の場合、手順ガイド手段が起動されて、矛盾解消のための属性値変更方法を生成する。矛盾解消の方法がない場合は、自動的また

はユーザが対話形で判断して、制約緩和を行ない、代替の設計案を生成する。

【0076】設計操作実行部は、設計手順誘導部から指示された制約に基づいて、設計解を求めて、設計データ管理部に値を格納する。設計操作実行部では、局所制約伝播手段により、等式で表された制約のパラメータの属性項目に設定済の属性値を与えて、未定の属性項目の値を計算し、結果を設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。または候補解生成手段により、テーブルで表された制約のパラメータの属性項目に設定済の属性値を与えて、未定の属性項目の値を検索し、属性値の組合せを求める。その結果、複数の組合せがある場合、制約ネットワーク上に複数の制約を考慮し、それらの相互関係から候補の属性値の組合せを絞り込む、或いは属性値の組合せを逐次ディスプレイに表示して、ユーザに対話形で選択させ、候補を絞り込む。選択された属性値の組合せを設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。または矛盾検出手段により、等式、テーブルまたは不等式で表された制約のパラメータの全属性項目に設定済の属性値を与えて等式、不等式が成り立つか否か、またはテーブル中に同じ属性値の組合せがあるか否かをチェックし、結果を設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。設計手順誘導部は矛盾チェックの結果がOK、即ち「矛盾無」の場合、新たに設定された値を含む属性値により他に制約伝播実行可能な制約があれば実行する。矛盾チェックの結果がNG、即ち「矛盾発生」の場合、前述の手順ガイド手段により、矛盾解消、或いは制約緩和を実行する。矛盾解消、或いは制約緩和の内容からユーザが選択すると、これに基づいて設計操作実行部が属性値を修正して、属性モデルに値を格納する。未定の属性値がまだ残っていて、矛盾の発生がない場合、設計処理が中断してしまうため、質問生成機能により、値を入力することで最も多く他の未定の属性値を計算できる属性をユーザに質問する。ユーザが回答すると、属性モデルに値を設定する。これに基づき制約伝播を実行する。前述の処理を繰り返し、設計対象モデル中の全属性値が設定済で、矛盾の発生がない場合、設計案が生成されたと判定して、設計データ管理部が設計案をディスプレイに表示する。また設計途中で属性値が変更されると、設計データ管理部が設計案の生成に使用する設計対象モデルである属性集合と制約集合を切替え、製品構造のダイナミックな変化に追従して、設計を続行することを可能とするものである。

【0077】このようにして設計データ管理部と設計手順誘導部と設計実行操作部を設けることにより、顧客の要求を属性項目の値として入力する或いは、既に設定済の属性値を修正すると、属性項目間の制約知識や各属性値の変更可否に基づき、設計手順を決定し、要求を満たす設計案を対話形で得ることができる。また、制約重要

度や属性項目の重要度を用いて制約の実行順序や方向を制御するので、要求パターン毎に登録された属性・制約の重要度データを用いることにより、多様な要求パターンに応じた設計手順の自動生成を行うことができる。また設計途中で矛盾が発生すると、矛盾解消方法や制約緩和による代替設計案の生成を行なうことで、ユーザに設計手順をガイドして正確、迅速に設計を行なうことが可能である。またこの結果に基づき図面出力や手配を行なうことが可能である。

10 【0078】<画面・操作>本設計支援方式を有する対話形の設計支援装置の操作は、ワークステーション等により処理が行なわれる。該対話形設計支援方式が立ち上げられると、まず設計データ管理部の属性値入力ガイド手段は、ディスプレイ上に新規/既登録物件データ選択画面を表示する。ユーザである営業技術者が、新規を選択した場合、次に属性値入力ガイド手段は、ディスプレイ上に制御パネル画面を表示し、該画面上に推論モード選択メニューと、推論実行トレース情報の保存/非保存選択メニューと、推論実行トレース画面の表示/非表示選択メニューと、図メニューの表示/非表示選択メニューを表示する。また設計データ管理部の設計戦略管理手段が、制御パネル画面上に要求パターンNo.の選択メニューを表示する。ユーザである営業技術者が設計パターンを選択すると、設計戦略管理手段は、設計パターン毎に登録してある各属性項目、制約の重みデータを設計対象モデル記憶手段中の属性・制約に割り付ける。またユーザが次に、推論モード、設計履歴情報、推論実行トレース画面、図メニューを選択すると、各々のデータが制御部に設定される。設定が終了すると、設計データ管理部の属性値入力ガイド手段により、ディスプレイに設計対象の属性値入力・表示画面を表示する。

【0079】あるいは新規/既登録物件データ選択画面で、ユーザである営業技術者が、既登録物件を選択した場合、既登録物件データを履歴データベースより読み出して設計データ管理部の属性値入力ガイド手段が、ディスプレイに設計対象の属性値入力・表示画面に読み出した値を設定した後表示する。

【0080】次に顧客の要求する属性値をユーザが入力する場合、属性値入力・表示画面上の要求に対応する属性値欄をユーザがクリックすると、該属性値の選択可能な値の一覧が文字または数値の範囲または図メニューとして表示される。この内から値を選択すると、選択された属性値が設計対象モデル記憶手段中の属性モデルの対応する属性項目に設定される。また、入力属性値の内、推論による値の変更をユーザが禁止したいものについては、該属性のロック/アンロック設定欄をクリックすると、ロック状態に設定される。ここで属性値の入力方法として、属性の見だし項目一覧を表示しておき、このうちの1つの見出し項目をユーザが選択すると、該見出し項目の属性を属性値入力・表示画面に表示すること

も行なえる。さらに設計対象の形状に関する属性値を入力する場合、まず設計対象の形状パターンを表す属性値が入力されると、予め登録されたノットスケール図を表示することで、顧客の要求に対応する属性が形状のどの寸法に対応するか寸法線で示してガイドすることも行なえる。

【0081】この操作を繰返し要求入力終了すると、ユーザは推論実行コマンドメニューをクリックする。すると設計データ管理部は、入力された要求仕様に対応して、設計案の生成に使用する設計対象モデルのタイプを自動選択する。次に属性値の設定状況や、「値の新規設定」或いは「値の修正」、或いは「矛盾発生」等である設計状況を参照して、設計手順誘導部が設計解を求めるための手順を決定する。例えば、設計状況が「値の新規設定」の場合には、設計手順誘導部の制約伝播実行順序決定手段が起動されて、設計データ管理部にある設計対象モデル記憶手段に保持されている制約知識の内、設定済の属性値や、属性値に対するロック、アンロック指定の有無を参照して起動可能な制約を抽出し、複数抽出された場合には、新規制約伝播実行する制約の一つを決定し、また設計状況が「値の修正」の場合には、値を修正した属性項目に関連し、さらに属性値に対するロック、アンロック指定の有無により起動可能な制約を抽出して、複数抽出された場合には、修正伝播実行する制約の一つを決定し、設計操作実行部に制約名と関連する属性値を設計操作実行部に設計手順のデータとして送信する。ここで、起動可能な制約が複数抽出された場合には、競合する制約の重みの比較を行い、最も重要度が大きい制約を起動対象として決定する。さらに、最も重要度が大きい制約が複数存在する場合には、競合する制約に関連する属性項目の重みの比較を行い、より重要な属性項目を設定可能な制約を起動対象として決定する。

【0082】設計操作実行部は、設計手順誘導部から指示された制約に基づいて、設計解を求めて、設計データ管理部に値を格納する。設計操作実行部では、局所制約伝播手段により、等式で表された制約のパラメータの属性項目に設定済の属性値を与えて、未定の属性項目の値を計算し、結果を設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。制御パネル画面で、推論実行トレース画面が「表示」と設定されていた場合、推論実行トレース画面が表示され、推論/演算で設定されている属性値を順次表示する。

【0083】または候補解生成手段により、テーブルで表された制約のパラメータの属性項目に設定済の属性値を与えて、未定の属性項目の値を検索し、属性値の組合せを求める。その結果、複数の組合せがある場合、制約ネットワーク上の複数の制約を考慮し、それらの相互関係から候補の属性値の組合せを絞り込む。

【0084】また推論中に属性値に複数の組合せが発生した場合、推論モードで「逐次選択」が設定されていた

ときは、逐次ディスプレイに属性値選択可能組合せ画面を表示して、ユーザに対話形で選択させ、組合せの候補から属性値を絞り込む。選択された属性値の組合せを設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。あるいは推論モードで「候補保持」が選択されていた場合は、属性モデル中の各属性の値域に候補値として保持して推論を続行し、推論終了後に属性値入力・表示画面の属性値のメニュー中で候補値の色を区別して表示する。

【0085】または矛盾検出手段により、等式、テーブルまたは不等式で表された制約のパラメータの全属性項目に設定済の属性値を与えて等式、不等式が成り立つか否か、またはテーブル中に同じ属性値の組合せがあるか否かをチェックし、結果を設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。設計手順誘導部は矛盾チェックの結果がOK、即ち「矛盾無」の場合、新たに設定された値を含む属性値により他に制約伝播実行可能な制約があれば実行する。矛盾チェックの結果がNG、即ち設計状況が「矛盾発生」の場合、制約伝播実行を中断して、矛盾した制約の内容をメッセージ表示する矛盾発生メッセージ画面を表示する。あるいは制約の内、属性値が許容最小値より大きいかな否か」といった設計基準を表す不等式の形態の制約を、制約伝播実行の最後に、チェックを行ない、チェック結果を設計案評価結果画面に表示する。

【0086】ここでユーザが、矛盾を解消する方法を得るために手順ガイドコマンドメニューをクリックすると、手順ガイド手段が起動されて、矛盾解消のための属性値変更方法を生成して対策立案画面が表示され、矛盾解消の内容からユーザが選択する。矛盾解消の方法がない場合は、自動的またはユーザが対話形で判断して制約緩和を行なう場合、制約緩和内容表示画面を表示して、どの制約をどのレベルまで緩和するかを選択する。この後で、再度推論実行コマンドメニューをクリックすると設計操作実行部が属性値を修正して、属性モデルに値を格納し、これを繰り返して代替の設計案を生成する。

【0087】未定の属性値がまだ残っていて、矛盾の発生がない場合、設計処理が中断してしまうため、質問生成機能により、値を入力することで最も多く他の未定の属性値を計算できる属性を生成し、質問生成画面を表示してユーザがその属性の値を入力するよう促す。ユーザが回答すると、属性モデルに値を設定する。これに基づき制約伝播を実行する。前述の処理を繰り返し、設計対象モデル中の全属性値が設定済で、矛盾の発生がない場合、ユーザが検討図表示コマンドメニューをクリックすると、設計データ管理部の設計案表示データ生成手段が、設計案表示画面をディスプレイに表示する。また属性値入力・表示画面には、各属性値はユーザの入力したものか、デフォルトの値か、推論で設定された値かによって色を区別して表示される。

【0088】また設計途中で製品の構造パターンに関する属性値が変更されると、設計データ管理部が設計案の生成に使用する設計対象モデルである属性集合と制約集合を切替え、切替後の属性値入力・表示画面を表示し、ユーザに整合性のとれた属性値入力、表示を行なえるようにして、製品構造のダイナミックな変化に追従して、設計を続行することを可能とするものである。

【0089】このようにして設計データ管理部と設計手順誘導部と設計実行操作部の処理をユーザとの対話操作で進める各表示画面を設けることにより、顧客の要求を属性項目の値として入力する或いは、既に設定済の属性値を修正すると、属性項目間の制約知識や各属性値の変更可否に基づき、設計手順を決定し、要求を満たす設計案を対話形で得ることができる。

【0090】＜見方を変えた構成＞本設計支援方式は、次のように動作する。まず入力ガイド手段により、属性入力画面と、検討したい内容のパターンである要求パターンのメニューを表示し、ユーザが要求する属性値と、要求パターンを選択すると、要求する属性値中で、製品構造の分類に関する属性値に基づき、モデル切替手段が、製品構成知識を用いて、推論に使用する属性集合を決定し、属性モデル知識ベースから該集合の属性データを抽出し、属性モデル上に展開する。さらにモデル切替手段が、展開された属性に関連する制約、または入力された属性値により使用条件が可となる制約を制約知識ベース中から抽出し、制約知識上に展開する。次に設計戦略管理手段が要求パターンの値に対応した制約・属性の重要度を設計戦略知識から読み出して、推論に用いる属性・制約を展開している属性モデルと制約知識上にある属性・制約に重要度を設定する。次に、展開された属性に

入力ガイド手段が入力された属性値を設定する。

【0091】次に、推論がユーザの選択により開始されると、起動可能制約抽出手段が入力された属性値に対して起動可能な制約を抽出する。抽出の際には各制約の形態(表、等式、不等式)、起動可能方向性が判定される。抽出された起動可能制約が複数あり、競合が発生する場合は、起動制約判定手段が、競合している制約・属性の重要度により、より重要度の大きい制約で、値を決定する関連属性の重要度の大きい制約を実行すべき制約と判定して、局所制約伝播手段に伝える。局所制約伝播手段では、起動制約判定手段で指示された制約の実体を読み込み、起動形態に応じて、未定属性値の計算、修正属性値の計算を行なう。また矛盾検出手段が局所制約伝播の実行中に矛盾の発生した制約を検出する。もし矛盾検出手段が矛盾を検出した場合、推論を中断し、矛盾の発生したことをユーザに警告する。ここで対策立案をユーザが選択した場合、対策ノウハウアドバイス手段が、対策ノウハウに基づいて、矛盾を解消するための製品構造の変更方法、制約の緩和の方法、入力した要求属性値の変更方法をアドバイスする。

【0092】ユーザが製品構造の変更を選択して、これに対応する製品構造の属性値を変更した場合、変更値にしたがって、モデル切替手段が動作して、製品構造知識と制約知識ベース中の使用条件に基づいて、変更値により使用しなくなった属性と、これに関連する制約を不活性状態にすると共に、使用条件に合う制約を活性状態にする。この結果切り替わった属性・制約集合を推論に使用する属性モデル、制約知識上に展開する。この後再度、制約伝播を実行開始する。

【0093】またはユーザが制約の緩和を選択した場合、制約緩和手段がユーザの選択した制約の緩和レベルを変更し、この後制約伝播を再実行する。

【0094】またはユーザが属性値の修正を選択した場合、制約伝播履歴保持手段が矛盾の発生した制約に関連する入力属性を抽出し、逆伝播手段がこの入力属性値の修正すべき値を算出する。ユーザがこの修正値を選択して、再度制約伝播を開始する。

【0095】以上の処理を推論に用いている全ての属性値が矛盾なく決定されるまで繰返し、属性値が矛盾のない状態で求まれば、設計解表示手段が属性値と、対応する設計対象形状を表示する。もし未定の属性値が残ったまま推論が終了すれば、質問生成手段が未定の属性値の入力をユーザに促す質問を生成する。

【0096】以上のようにして、本発明による設計支援方式は、多様な要求に応じた設計手順を生成可能で、また構造変化を伴うような場合にも推論続行することができ、またノウハウを取り込み可能なため、対話形で迅速に矛盾を解消しながら設計解を求めることができる。

【0097】＜入力用ノットスケール図形＞またノットスケール図形表示を行なう設計支援装置は、ワークステーション等により処理が行なわれる。該設計支援装置が立ち上げられると、ユーザの要求を入力する。この入力中に設計対象の形状パターンを表す基本構造の属性値が入力されると、この属性値をキーとして、ノットスケール図形検索手段が起動され、キーに対応したノットスケール図形を検索する。次にノットスケール図形が検索されると、ノットスケール図形表示手段がノットスケール図形を表示する。表示されたノットスケール図形は、要求属性値入力手段の属性項目欄をクリックすると、この属性項目に対応する、設計対象中の寸法を寸法線で、色を形状と区別して表示する。このようにノットスケール図を表示することで、顧客の要求に対応する属性が形状のどの寸法に対応するか寸法線で示してガイドすることによって正確、迅速に設計データの入力を行なうことが可能である。

【0098】＜制約管理方式＞また制約管理方式を有する設計支援装置は、ワークステーション等による一台の設計支援装置、または複数の設計支援装置、または複数の設計支援装置とファイルサーバとで構成される設計支援システム上で実現される。

【0099】設計者が設計支援装置を用いて設計する際の設計途中結果、緩和された制約条件及び制約緩和レベルに関する情報、及び、制約条件を緩和するに至った設計意図は属性値記憶部、制約緩和レベル記憶部、設計意図記憶部に記憶される。設計終了または中断時には、属性値記憶部、制約緩和レベル記憶部、設計意図記憶部の情報が相互に関連付けられて設計解/設計途中結果格納部、制約緩和レベル格納部、設計意図格納部に格納される。

【0100】設計解または設計途中結果を用いて設計解を修正したり設計作業を継続する場合には、各設計支援装置から設計解または設計途中結果のデータとともに、その設計解または設計途中結果を導くために緩和された制約条件及び緩和レベル、制約条件を緩和するに至った設計意図を示すデータが各設計支援装置に転送されるので、以前の設計作業時になされた意志決定、判断の内容が消失されることなく設計解を修正したり設計作業を継続することが可能になる。

【0101】＜候補解生成＞また候補解生成手段では、制約伝播の実行中に発生した属性値の候補値に基づき、各候補値間の組合せを作成し、各々の組合せを制約伝播し、途中で矛盾の発生した組合せは消去し、矛盾の発生しなかった組合せと、これにより決定した属性値を候補解として表示する。

【0102】

【実施例】

【実施例1】以下に本発明の第1の実施例を図1から図13により説明する。

【0103】図1は本発明による設計支援方式を有する設計支援装置の一実施例を示す概略機能構成図である。図1において101は設計対象モデルの属性モデルや制約知識を格納し属性値の入力や、設計案を表示する設計データ管理部、102は顧客の要求する属性値を入力する場合の入力メニューを生成する属性値入力ガイド機能、103は要求を満たす設計案を表示する設計案表示手段、104は属性モデルと制約知識よりなる設計対象モデル、105は属性値間の関係を等式や、不等式、テーブルで表わした制約を格納する制約知識、106は製品の仕様を属性項目名と属性値の組で記述し格納する属性モデル、121は製品構造の変化に応じて設計対象モデルの切替えを行なうモデル切替機能、107は設定済の属性値及び設計状況に基づき制約伝播実行順序を決定する、或いは矛盾発生時にその解消方法や制約緩和を行なう設計手順誘導部、108は設計状況が「値の新規設定」や「値の修正」の場合に起動可能な制約を抽出し、実行する制約を決定する制約伝播順序決定機能、109は設計状況が「矛盾の発生」の場合に、矛盾解消や制約緩和によりユーザの手順をガイドする手順ガイド機能、110は矛盾の解消のための属性値変更方法を生成する矛盾解消機能、111は矛盾解消の方法が見つからない場合に、設計案の生成に使用中の

制約知識の緩和を行なう制約緩和機能、122は値が未定の属性の内値を設定すると、他の属性値を最も多く決定できるものを質問する質問生成機能、112は設計手順誘導部から指示された制約と関連する属性に基づき未設定の属性値の推論/演算を行ない属性定義知識ベース中の属性値スロットに値を設定する設計操作実行部、113は属性値の推論/演算を実行する局所制約伝播機能、114は属性の候補値や値の範囲を制約の相互関係から絞り込む候補解生成機能、115は設定済の属性値間の矛盾の有無をチェックする矛盾検出機能、116は設計手順誘導部が参照する属性値の設定状況及び設計状況、117は設計手順誘導部で決定した実行制約や、その関連する属性、118は設計操作実行部で推論/演算した結果得られた属性値や矛盾検出の有無の値の格納、119は本発明の設計支援方式を有する設計支援装置であるワークステーション、120はユーザである営業技術者である。

【0104】図2は図1の機能を実施するためのハードウェア構成の例である。図2において201はシステムバス、202はバス制御装置、203は中央処理装置、204は主記憶装置、205はキーボード、206はディスプレイ、207はマウス、208はディスク制御装置、209はディスク、210は設計解を印刷するプリンタである。

【0105】図3は図1の機能を実施するためのソフトウェア構成の例である。図3において301は各手段を起動させる制御部、302は要求仕様の属性をキーボードやマウスから入力されるとディスクや主記憶装置に格納するデータ入力手段、303は設計案の出力結果をディスクや主記憶装置から読みだしてディスプレイに表示する出力手段、304は属性値を入力するときに入力メニューを生成しディスプレイに表示する属性値入力ガイド手段、305は設計案を表示するための作図用データを生成する設計案表示データ生成手段、306は「値の新規設定」、「値の変更」、「矛盾の発生」といった設計状況の値を主記憶装置に格納、更新する設計状況データ格納手段、315は製品構造の変化に応じて設計対象モデルを切替える設計対象モデル切替手段、307は設定済の属性値や設計状況に応じて制約伝播実行順序を決定する制約伝播実行順序決定手段、308は矛盾発生時に、その解消のために属性値の変更方法を生成する矛盾解消手段、309は代替の設計案を生成するために制約の緩和を行なう制約緩和手段、316は未定の属性値を決定するための質問を生成する質問生成手段、310は等式で表わされた制約に対して、設定済の属性値を式のパラメータに与えて、未定の属性値を計算する局所制約伝播実行手段、311はテーブルで表わされた制約に対して、設定済の属性値をテーブルのパラメータに与えて、未定の属性値を検索し、結果が複数あれば属性値の組合せを制約の相互関係から絞り込む、或いは逐次候補値を表示してユーザに選択させて候補を絞り込む候補解生成手段、312は等式、不等式、テーブルで表わされた制約に対して、設定済の属性

値をパラメータの全てに与えて、等式、不等式を満たすか否か、またはテーブル中に同じ値の組合せがあるか否かをチェックする矛盾検出手段、313は属性モデルを登録する属性モデル知識ベース、314は制約を登録する制約知識ベースである。

【0106】本発明による設計支援方式では、製品の構造や性能を表わす仕様項目を属性としてリストアップすることが可能で、また仕様項目間の因果関係や設計基準を数式やテーブルの形で設計マニュアル等に整理され制約を定義できる製品であれば適用することが可能である。また顧客の要求にバラエティがあり、その度に特に重要な仕様項目が変更されて設計の手順が変わり、設計マニュアルの参照内容が違ってくる、或いは設計マニュアルでは分からない属性値の矛盾が発生した場合に設計者のノウハウで解消するといった事が設計の途中で頻繁に発生するようなタイプの製品に向く。

【0107】以下、前述のような対象製品の一つとしてエレベータの場合を例として説明する。図13はエレベータの全体構成を表わす。エレベータは、人や荷物を乗せる「かご」や、「かご」と釣合いをとるためロープで結ばれた「釣合いおもり」、「かご」と「釣合いおもり」を上下させる「巻上げ機」等の機器から主に構成され、これらが「昇降路」、「機械室」等に配置される。エレベータの構造は、建物の中でエレベータの各機器が設置される「昇降路」の間口寸法、奥行き寸法である「昇降路間口」、「昇降路奥行き」、や「かご」に積載することの可能な重量である「LOAD」といった顧客の要求する属性値に対して適するように、各機器の属性値、即ち「かご」の内側の間口寸法、奥行き寸法である「かご内法W」、「かご内法D」や「かご」の外側の間口寸法、奥行き寸法である「かご外法W」、「かご外法D」等の属性値を設定することによって決まる。ここで各属性値は多様なバリエーションをもち、複数の属性項目の値の間には、等式や不等式、組合せのテーブルで表現される制約が存在するため、上記の属性値を、これらの制約を満たすように決めることで設計案を得ることができる。図4にエレベータの場合の属性モデルの分類と制約知識の例を示す。属性は、「LOAD」、「SPEED」といったエレベータの主な機能を表わす基本仕様や、「つりあいおもりレイアウトタイプ」といった機器の配置パターンを表す基本構造や、「昇降路」や「機械室」といったエレベータの建屋スペースを表す建屋仕様、「かご」や「巻上機」といったエレベータを構成する各機器の、形式、幅、奥行きといった属性を表す機器仕様や、各機器の配置座標、向き、「おもり」と壁のすき間寸法といった機器間の相対位置を表すレイアウト仕様に分類する。

【0108】また制約は、「LOAD」、「かご内法W」、「かご内法D」の属性項目間で満たすべき値の組合せを示すテーブルや、かごの中心位置である「かご吊

芯」と、出入口の中心位置である「出入口芯」と、2つの間の距離である「芯ずれ量」の間の関係を表す等式や、「釣合いおもり」と「昇降路」のすき間である「おもり-後壁距離d」と「おもり-後壁距離最小寸法」の間の関係を表す不等式で表わされる。図5に本実施例において使用する属性項目とエレベータの形状寸法の対応関係を示す。図6に本実施例において使用する属性モデルのデータの内容を示す。属性のコード、名称、値域、属性値、属性値のロック/アンロック指定有無、属性値の設定状態よりなる。図7に本実施例において使用する制約知識の内容を示す。例えば制約C1は、「LOAD」と、「かご」のサイズである「かご内法W」、「かご内法D」間での整合性のとれた値の組合せを示している。制約C4は、「非常止め仕様」、「SPEED」より「かご-右壁距離最小寸法」等のすき間距離の最小寸法を求めるためのテーブルの制約で、「かご」や「おもり」が「昇降路」に衝突せずに安全に上下するために満たすべき制約である。制約C5、制約C6は「かご」側板の厚みのために「かご内法W」と「かご外法W」間、「かご内法D」と「かご外法D」間で各々満たすべき等式の制約であり、制約C12は、「かご」に、吊り下げるためのロープが付く位置である「かご吊芯」のx座標「かご吊芯位置間口寸法」と、「出入口」の中心位置の座標である「出入口芯」の位置関係を表す制約であり、制約C13は、「かご」と「昇降路」右壁の間の距離を算出する等式の制約、制約C17は、「かご吊芯位置間口寸法」と「出入口芯」の間の距離である「芯ずれ量L」を「かご外法W」と「出入口幅OP」より算出する等式の制約、制約CC1は、「かご-右壁距離」の最小寸法を満足するかチェックする不等式の制約である。顧客の要求する属性項目の値を入力すると、前記の制約の中で起動できるものを発見して、未定の属性値を算出し、属性項目に設定する。新たに設定された値に基づき、他に起動できる制約を発見する。この処理を繰り返して全ての属性値を、制約を満足するように決めることができた場合、設計案が生成できることになる。

【0109】図8に起動可能な制約を判定するための、制約起動条件管理テーブルの内容を示す。各制約のコード、各等式、不等式、テーブルのパラメータとなっている属性項目である関連属性、等式、不等式、テーブルといった制約の表現である形態よりなる。

【0110】設計データ管理部101の属性値入力ガイド機能102により要求仕様の入力を行ない、「LOAD」に「850(kg)」、「SPEED」に「150」、「昇降路間口寸法」に「3010」、「出入口幅」に「850」、「出入口芯」に「2300」を指定してきたとする。即ち、制御部301が属性値入力ガイド手段304を起動して、ディスプレイ206に属性値の入力メニューを表示し、ユーザである営業技術者120が、キーボード205やマウス207により値を選択すると、中央処理装置203

は、ディスク209に格納された設計対象モデルの属性モデル知識ベース313の中から、「おもりレイアウトタイプ」が「後落」の場合に対応した属性項目の集合を、ディスク制御装置208により呼び出し、これらのデータをバス制御装置202によりシステムバス201上を転送させて、主記憶装置204に格納する。同様にして中央処理装置203は、ディスク209に格納された設計対象モデルの制約知識ベース314の中から、「おもりレイアウトタイプ」が「後落」の場合に対応した制約知識の集合を、ディスク制御装置208により呼び出し、これらのデータをバス制御装置202によりシステムバス201上を転送させて、主記憶装置204に格納する。次に制御部301は、データ入力手段302を起動し、入力された属性値を、主記憶装置204にある属性モデル106の中に設定する。この入力属性値に基づき、未定の属性項目の値を決定していく。

【0111】図9に本実施例で使用する図6の属性と図7の制約による制約ネットワークを示す。エレベータの仕様を設計するには、さらに多くの属性、制約を必要とするが、説明のため部分的な制約ネットワークを切り出して、この上で本発明による設計支援方式のしくみを記す。図9において、昇降路平面上で「基本仕様と建屋仕様を入力すると、エレベータの機器仕様を求め、機器を「昇降路」内に配置してレイアウト仕様を求め、機器と壁のすき間距離が最小寸法を満たしているか否かをチェックする」という例題を本設計支援方式で解決する。図9には、前述の入力した属性値以外に、「おもりレイアウトタイプ」と「非常止め仕様」の値が設定されている。これは「おもりレイアウトタイプ」の値は、「出入口」からみて「かご」の後側に「おもり」を配置する場合である「後落」の場合を初めに検討することが普通である。そこで「後落」をデフォルト値として設定する。同様に「非常止め仕様」の値も「有」を設定する。これらの値は、入力される属性値が少ないと制約伝播が進まないため、特に指定がなければ、顧客にとってあまり影響のない部分で、基本構造のように受注仕様設計の上で重要な属性値を予め設定する。また前述の属性モデルの呼び出しを行なうために、デフォルト設定値が使われている。以下、本設計支援方式の各機能を説明する。

【0112】属性モデル106中の属性項目に入力値が設定されると、設計手順誘導部107により値の設定状況及び設計状況116を参照して、制約伝播実行順序決定機能108により、制約ネットワーク上での属性値の設定順序を決定する。即ち、制御部301は、制約伝播実行順序決定手段307を起動して、設定済の属性値から起動可能な制約を抽出し、起動可能制約の中から一つを選択する。次に、この実行制約を設計手順117として、設計操作実行部112に渡すと、制約の形態に応じて局所制約伝播機能113、或いは候補解生成機能114、或いは矛盾チェック機能115が起動し、制約に基づき他の属性値を求める。また制約伝播は双方向で実行できる。求められた属性値を

属性モデル106中に格納（値の格納118）すると、1回の処理の流れが終わる。

【0113】例えば前述の入力属性値に対して、起動できる制約は図8の制約起動条件管理テーブルより、制約C1と制約C4が起動可能となる。これは、制約の形態がテーブルであるため、関連属性の数がN個ある場合、0からN個までのいずれかの属性値が入力されていれば、この入力属性値をキーとして、テーブル中から他の関連属性値の組合せを検索することができるからである。次に制約C1と制約C4のいずれかを選択する。選択方法については、第2の実施例で説明することとし、ここでは制約起動条件管理テーブル中の記述順序の早いものから実行するものとする。したがって制約C1を実行制約に決定して、設計手順117として設計操作実行部112に送る。設計操作実行部112では、制約C1はテーブルなので、「LOAD」が「850」をキーとして、C1のテーブルを検索し、「かご内法W」と「かご内法D」の値は各々「1550」、「1300」または「1750」、「1200」と2組求められる。この結果は制約ネットワークでは図11のように表わされ、この組合せを、例えば対話形でユーザに選択させる。例えば「かご内法W」が「1550」、「かご内法D」が「1300」と選択すると、属性値が決まり、設計データ管理部101の属性モデル106に値自体と設定状態に「設定済」が設定される。あるいは候補解生成機能114が働く、即ち候補値を選択しないで内部データとして蓄積しておき、他の制約を実行してさらに属性値の候補値が生じた場合に、制御部301は、候補解生成手段311を呼び出して、これらの候補値を同時に満たすような属性値の組合せを絞り込み、生成された候補解をユーザに選択させ、多くの属性値を一度に決定することも可能である。

【0114】これが1回の処理の流れである。以上のように設計データ管理部と、設計手順誘導部と設計操作実行部が連動することにより要求仕様に応じて起動できる制約を実行して設計対象の属性値を決定していくことができる。

【0115】次に設計手順誘導部107は更新された属性値の設定状態と、矛盾が発生していないことを確認して、起動可能な制約を抽出し、実行制約を決定する。このようにして、次は制約C4が起動し、候補解生成機能114が働く。したがって「SPEED」と「非常止め仕様」より「かご-右壁距離最小寸法」が「220」と求められる。次に制約C5が起動し、局所制約伝播機能113が働く。即ち制御部301は局所制約伝播実行手段310を呼び出す。これは形態が等式で、関連属性がN個に対して、N-1個の値が設定されたからである。したがって「かご内法W」より「かご外法W」が「1600」となる。同様に制約C6が起動して「かご内法D」より「かご外法D」が「1500」となる（図11）。さらに制約C17が起動して、局所制約伝播機能113が働く。し

たがって「芯ずれ量L」が「325」となる。さらに制約C12が起動して、局所制約伝播機能113が働き、「かご」の配置である「かご吊芯位置間口寸法」が「1975」となる。さらに制約C13が起動して、局所制約伝播実行機能113が働き、「かご-右壁距離」が「235」となる。残された制約CC1は、形態が不等式で、「かご-右壁距離」が「かご-右壁距離最小寸法」を満たすか否かをチェックする。これは設計操作実行部112の矛盾検出機能115によるもので、不等式や等式の関連属性がN個全部値を設定済のときに、その等式、不等式を満たすか否かをチェックする。この場合「かご-右壁距離」は「235」であり、「かご-右壁距離最小寸法」は「220」であるので制約CC1を満たし、矛盾チェックの結果はOKとなる。部分的な例で説明したが、同様にして「かご」のサイズ等の機器仕様、「かご」の「昇降路」内における配置位置等のレイアウト仕様の値を決定し、これらの仕様で矛盾が生じないかをチェックすることができる。以上のようにして設計手順誘導部107が、制約伝播順序実行機能108により、設計データ管理部101の属性モデル、制約知識を参照して、次々と起動可能な制約を決定し、設計操作実行部112によりその制約を実行して、属性値を決定していくことにより設計案を生成する。

【0116】本受注仕様設計支援方法は、前述のように属性値が未定の場合に、制約伝播に基づいて値を決定していき設計案を新規に生成することの他に、以下の様々な機能をもつ。まず一度生成された設計案に対して、ある属性値を顧客が変更し、この変更に対応した設計案の修正を行ないたい場合がある。例えば「出入口芯」を修正したい、即ち建屋においてエレベータの乗り場の位置を左右にずらしたいという要求がでたとする。この変更に対応するために、制約ネットワークに基づいてどの属性値を変更すべきか設計手順誘導部107の制約伝播実行順序決定機能108が探索する。即ち、ユーザがキーボードまたはマウスを使って、属性値を変更すると、制御部301がデータ入力手段303を呼び出し、変更された属性値を属性モデル106の属性項目に格納し、設定状態を「変更済」に更新する。次に制御部301は制約伝播実行順序決定手段310を呼び出して、修正された属性値に関連する制約を図8の制約起動条件管理テーブルを参照して抽出する。C12の関連属性は「P19 出入口芯」、「P12 かご吊芯位置間口寸法」、「P35 芯ずれ量」であり、「P19」を修正すると「P21」或いは「P35」の少なくとも1つを修正しなければ、等式を満たさなくなり矛盾が発生してしまう。図15の制約ネットワークでわかるように制約C12により「P19 出入口芯」を修正すると、「P35 芯ずれ量L」「P21 かご吊芯位置間口寸法」の少なくとも1つの属性値を修正伝播する必要がある。修正伝播順序の決定方法には様々な方法がある。例えば属性や制約の重

要度を定義しておき、重要度の大きい制約の関連属性の中で、重要度の小さい属性を修正することも可能であるが、ここでは制約内の関連属性の記述が早い順に修正する。したがって「P21 かご吊芯位置間口寸法」を修正し、「かご」のサイズはそのまま、位置をずらすことで対応するように設計手順を決定することになる。制約12と変更属性「P21」を設計操作実行部112に送る。すると局所制約伝播実行機能310により、「P21 かご吊芯位置間口寸法」の修正値を算出し、設計データ管理部101の属性モデル106に値を格納し、設定状態を「修正済」に更新する。以下同様にして連動修正した属性値に関連する制約を抽出して、修正属性を決定し、修正値を求めるという処理を繰り返す。また修正属性項目がロック/アンロック指定がロックになっている場合はユーザが変更したくない属性値なので、これは修正しないようにする。以上のようにして矛盾が発生せずに修正伝播が終了すると、設計案が作成できたことになり設計案表示機能103により結果を表示する。以上のように設計データ管理部と、設計手順誘導部と設計操作実行部が連動することにより属性値の変更要求に応じて関連する制約の属性値の修正伝播を実行して設計対象の属性値を決定していくことができる。

【0117】次に本設計支援方式の他の機能である設計手順誘導部の手順ガイド機能109について説明する。

【0118】制約伝播（修正伝播を含む）の途中で矛盾が発生した場合、設計手順誘導部107は、手順ガイド機能109を起動する。即ち制御部301はまず矛盾解消手段308を呼び出して、矛盾の原因を探索する。矛盾の解消方法には様々な方法があるが、ここでは熟練設計者のノウハウを対策ルールで表現して、これを用いるとする。例えば「出入口芯」を右へずらしたために「かご-右壁距離」が「かご-右壁距離最小寸法」よりも小さくなった場合、矛盾が発生するが、矛盾解消のノウハウとして

「IF 「制約CC1」 かご-右壁距離最小寸法」が矛盾：（かご-右壁距離）>（かご-右壁距離最小寸法）」

THEN 「対策案1：かご吊芯位置間口寸法を左に移動せよ」

「対策案2：かごサイズを変更せよ」
といったルールがあれば、ユーザに矛盾解消の手順ガイドを行なうことができる。

【0119】もし矛盾解消機能110では、設計案が生成不可能な場合、設計手順誘導部107は手順ガイド機能109の中の制約緩和機能111を起動する。これは制約伝播に使用している制約の実体を緩和レベルに応じて、段階的に緩めていき、この制約に基づいて代替の設計案を求めるものである。緩和レベルの決定にも様々な基準があるが、例えば、標準のサイズの属性値の組合せから非標準のサイズの属性値の組合せまで含めるという方法がある。

【0120】またその他の手順ガイド機能として、入力した属性値からでは、制約伝播できる制約が見つからず、さらに入力しなければ設計が先に進まない場合がある。その場合、次にどの属性値を入力すれば、最も多く未定の属性値を決定できるかを制約ネットワークに基づき算出して、その属性値をユーザに質問する質問生成機能がある。

【0121】以上のようにして仕様設計の途中で矛盾が発生した場合でも、設計手順誘導部を有することにより適切な設計の手順をガイドすることができる。

【0122】また本設計支援方式において、設計対象モデルの複数の構造パターンの名称を表す属性項目の値に応じて、必要な属性項目と値の範囲の集合を切り出して、入力された属性値に対する設計案の生成に使用する設計対象モデルの構造パターンを自動選択する、あるいは設計途中での属性値の変更や、矛盾の発生に対応して、設計案の生成に使用する設計対象の構造パターンを自動的に切り替える設計対象モデル切替機能を具備することにより、要求仕様や設計途中での変更に応じることが可能である。

【0123】また本設計支援方式において、属性項目、属性項目値を登録、修正する属性モデル構築・修正機能と、制約、手順ノウハウの知識を登録、修正する制約知識登録・修正機能より成る設計モデル構築部をさらに具備することにより、設計対象モデルの構築を容易にすることが可能である。

【0124】さらに、本設計支援方式により得られた設計解に基づき図面出力や手配を行なう設計支援装置に適用可能である。

【0125】〔実施例2〕次に本発明の第2の実施例を図1、図2、および図14から図23により説明する。本実施例は、要求パターンに応じて制約・属性の重要度を設定しておき、起動すべき制約の優先順序付けを行い、制約伝播の挙動を制御することにより、多様な要求パターンに応じた設計手順の自動生成を可能とする例について述べたものである。

【0126】図14は本実施例を実施するためのソフトウェア構成の例である。基本的には図3に示したソフトウェア構成と変わらないが、新たに設計データ管理部内に、各属性項目および制約毎の重要度を表す重みデータを複数登録しておき指定された要求ボタンに応じて重みデータを読みだし属性・制約に割り付ける設計戦略管理手段315を設ける構成となっている。

【0127】本発明による設計支援方式では、製品の構造や性能を表わす仕様項目を属性としてリストアップすることが可能で、また仕様項目間の因果関係や設計基準を数式やテーブルの形で設計マニュアル等に整理され制約を定義できる製品であれば適用することが可能である。また顧客の要求パターンにバラエティがあり、その度に特に重要な仕様項目が変更されて設計の手順が変わ

り、設計マニュアルの参照内容が違ってくる、或いは設計マニュアルでは分からない属性値の矛盾が発生した場合に設計者のノウハウで解消するといった事が設計の途中に頻繁に発生するようなタイプの製品に向く。

【0128】以下、前述のような対象製品のひとつとしてエレベータの場合を例として説明する。図15はエレベータ顧客の要求パターン例について示したものである。

第1の要求パターンは、顧客サイドで予めエレベータの基本仕様、例えば「LOAD」、「SPEED」といったエレベータの主な機能を表わす属性項目、および、

「昇降路」や「機械室」といったエレベータの建屋スペースを表す建屋仕様が既知であり、これらの属性値をもとに、昇降路に合った標準的な機器仕様やレイアウト仕様を求めたい場合であり、第2の要求パターンは、エレベータの基本仕様のみが既知であり、基本仕様を満たす機器を配置可能な最小の昇降路サイズが知りたい場合にそれぞれ対応している。このように、入力属性と要出力属性の関係は、要求パターンの違いによって全く異なることが分かる。本実施例では、上述の要求パターン1および2について、それぞれに応じた設計手順の自動生成過程について説明する。

【0129】システム起動に先立ち、属性モデル知識ベース313および制約知識ベース314に保持されているデータについて、まず説明する。図16に本実施例において使用する属性モデルのデータ構造を示す。属性のコード、名称、値域、値、属性値のロック/案ロック指定有無、属性値の設定状態および属性の重みデータを保持するエリアから構成される。初期状態では、コード、名称、値域の各エリアには、予め製品の設計仕様を表現するために抽出された属性項目に対応したデータが登録されており、属性値のロック/アンロック指定有無エリアには「アンロック」、属性値の設定状態保持エリアには「未設定」、が設定されている。また、属性値および属性の重みデータを保持するエリアには、なにも設定されていない。

【0130】図17に本実施例において使用する制約知識の内容を示す。例えば制約C1は、「LOAD」と、「かご」のサイズである「かご幅」、「かご奥行」間での整合性のとれた値の組合せを示している。制約C2は、「昇降路間口寸法」と、「かご幅」と、かごと壁のすき間寸法である「すき間d」との関連を示す等式であり、制約C3は、「すき間d最小寸法」からかごと壁の最小すき間寸法である「すき間d」を求めるための等式、制約C4は、「すき間d」が最小寸法を満足するかチェックするための不等式である。制約C5は、「SPEED」より、「すき間d最小寸法」を求めるためのテーブルの制約で、「かご」や「おもり」が「昇降路」に衝突せずに安全に上下するために満たすべき制約である。これらの制約は制約知識ベース314中の制約起動条件管理テーブルに保持されている。

【0131】図18に制約起動条件管理テーブルの内容を示す。各制約のコード、各制約の関連属性名称、等式や不等式、テーブルといった制約の形態、各制約の重みデータ保持するエリアから構成される。初期状態では、制約の重みデータ保持するエリアのみが未設定で、他のエリアは図に示すように制約C1からC5の情報が予め登録されている。また、制約の実体は、図19に示すように制約のコードを見出しとして予めディスク209に登録されている。

【0132】また、ディスク209には、図20に示すような設計戦略管理テーブルが登録されている。要求パターンコード、要求パターンコード毎の制約・属性の重要度データが保持されるが、重要度データの値は、0.0以上1.0以下の値として与えられており、1.0に近いほど重要度が大きい。

【0133】以下、ユーザが前述した要求パターン1および2の2通りの設計を行う場合の処理手順を説明する。

【0134】システムを起動すると、制御部301は、ディスク209に登録されている設計対象モデルの属性モデル知識ベース313から属性項目データ(図22)および、制約知識ベース314中の制約起動条件管理テーブルに保持された制約データ(図18、図19)をディスク制御装置208により呼出し、バス制御装置202によりシステムバス201上を転送させて、主記憶装置204に格納する。次に、制御部301は、設計戦略管理手段315を起動する。設計戦略管理手段315は、ディスク209に登録された設計戦略管理テーブル(図20)の全ての要求パターンコードを読み込み、ディスプレイ206に表示する。ユーザは表示された要求パターンコードのうち、目的に合致したものをキーボード205あるいはマウス207を用いて選択する。まず要求パターン1が選択された場合について説明する。

【0135】設計戦略管理手段315は、選択された要求パターン1に対応する制約・属性の重みデータをディスク209に登録された設計戦略管理テーブルより読み込み、主記憶装置204上の制約起動条件管理テーブルの重みデータ保持エリアおよび属性モデルの重みデータ保持エリアに格納する。制約C1には0.8、制約C2およびC5には0.6、制約C3には0.3、制約C4には0.4が、また、属性p1、p2、p5には0.9、属性p3、p4には0.8、p6には0.3、p7には0.4の重みデータがそれぞれ割り当てられることになる。

【0136】次に、制御部301が属性値入力ガイド手段304を起動して、ディスプレイ206に属性値の入力メニューを表示し、ユーザがキーボード205あるいはマウス207を用いて属性値の入力を行う。入力された属性が「LOAD=800」、「SPEED=120」、「昇降路間口寸法=3000」であったとする。属性値入力ガイド手段304はこれらの属性値を主記憶

装置204にある属性モデル106の中に設定するとともに値の設定状況エリアに「設定済み」が設定される。この入力属性値に基づき、以下のような処理を繰り返すことにより未定の属性項目の値を決定して行く。

【0137】属性モデル106中の属性項目に入力値が設定されると、設計手順誘導部107により値の設定状況及び設計状況116を参照して、制約伝播実行順序決定機能108により、制約ネットワーク上での属性値の設定順序を決定する。即ち、制御部301は、制約伝播実行順序決定手段307を起動して、設定済の属性値から起動可能な制約を抽出し、起動可能制約の中から一つを選択する。次に、この実行制約を設計手順117として、設計操作実行部112に渡すと、制約の形態に応じて局所制約伝播手段310、或いは候補解生成手段311、或いは矛盾チェック手段312が起動し、制約に基づき他の属性値を求める。また制約伝播は双方向で実行できる。求められた属性値を属性モデル106中に格納(値の格納118)すると、1回の処理の流れが終わる。

【0138】上の一連の処理の中の制約伝播実行順序決定手段307の動きについて、図21に示す制約ネットワークと図22に示す制約伝播順序決定フローを用いて説明する。なお図21の各属性、制約上の数字は重みデータを表す。

【0139】図21のような入力属性値に対して、まず制約伝播実行順序決定手段307は、起動可能な制約の抽出を行う(図22-801)。制約が起動可能であるか否かの判定条件に従い、図16の属性モデルの各属性項目の値設定状態、ロック/アンロック設定状態および図18の制約条件管理テーブルの各制約の関連属性名称、形態を参照し判定条件に合致する制約を抽出する。その結果、制約C1と制約C5が見出されるので、制約伝播実行順序決定手段307は主記憶装置204上に起動可能制約リストとして制約C1と制約C5を格納する(図22-802)。次に制約伝播実行順序決定手段307は起動可能制約リスト上の各制約について重みデータの比較を行い、最も重みの大きい制約を実行すべき制約として取り出す(図22-803-1)。制約C1の重みは0.8、制約C5の重みは0.6なのでこの場合制約C1が実行制約として取り出される。次に制約伝播実行順序決定手段307は取り出した制約C1について図24の制約条件管理テーブルから制約の関連属性名称、形態から出力属性名称を判定し、設計操作実行部の局所制約伝播手段310に対してテーブル型制約C1を起動し属性「かご奥行」および「かご幅」を決定せよとの命令を発行する(図22-804)。

【0140】これをうけて局所制約伝播手段310は主記憶装置204上の制約実体(図19)より制約C1を読みだし、入力属性「LOAD=800」から「かご奥行=1150」および「かご幅=1650」を算出(検索)し、図16の属性モデルに値を設定する。

41

【0141】これが1回の処理の流れである。2回目以降は同様の処理で制約C5、制約C2、制約C4の順に制約が起動されることとなり「すき間d最小寸法=220」、「すき間d=675」の各属性値が決定され最終的に「すき間d」の最小寸法チェックが制約C4によって確認される。(ただし、2回目の制約伝播実行順序決定の際には起動可能な制約として制約C5、制約C2が抽出されるが、重みが0.6と同一のため、実行制約判定ステップではさらに制約C5、制約C2の出力属性項目の重みの比較を行い実行制約を抽出する(図22 8 03-2)。)以上のように、制約・属性の重みに基づき制約伝播の順序を決定することで、顧客あるいはユーザである営業担当者の要求「LOADやSPEEDといった基本仕様と建屋仕様から昇降路に合った標準的な機器仕様やレイアウト仕様を求めたい」に合致した設計手順が自動生成されていることが分かる。

【0142】つぎに要求ボタン2が選択された場合について説明する。

【0143】設計戦略管理手段315は、選択された要求ボタン2に対応する制約・属性の重みデータをディスク209に登録された設計戦略管理テーブルより読み込み、主記憶装置204上の制約起動条件管理テーブルの重みデータ保持エリアおよび属性モデルの重みデータ保持エリアに格納する。制約C1には0.8、制約C2には0.6C5には0.9、制約C3には0.9、制約C4には0.3が、また、属性p1、p2、p6、p7には0.9が、属性p3、p4には0.8、p5には0.34の重みデータがそれぞれ割り当てられることになる。

【0144】次に、制御部301が属性値入力ガイド手段304を起動して、ディスプレイ206に属性値の入力メニューを表示し、ユーザがキーボード205あるいはマウス207を用いて属性値の入力を行う。入力された属性が「LOAD=800」、「SPEED=120」であったとする。属性値入力ガイド手段304はこれらの属性値を主記憶装置204にある属性モデル106の中に設定するとともに値の設定状況エリアに「設定済み」が設定される。この入力属性値に基づき上述の要求パターン1と同様に処理が行われることになる。図23に示す制約ネットワーク用いて最終的に得られる設計手順を説明れば以下ようになる。

【0145】まず制約C5が起動し入力属性「SPEED=120」から「すき間d最小寸法=220」を決定する。次に制約C3が起動し「すき間d=120」を設定する。続いて制約C1が起動し入力属性「LOAD=800」から「かご奥行=1150」および「かご幅=1650」が算出(検索)される。最終的に制約C2(昇降路寸法=すき間d*2+かご幅)が起動し入力属性「かご幅=1650」と「すき間d=120」から出力属性「昇降路寸法=2090」を求めることができる。

42

【0146】以上のように要求パターン2においても、制約・属性の重みに基づき制約伝播の順序を決定することで、顧客あるいはユーザである営業担当者の要求「エレベータの基本仕様のみが既知であり、基本仕様を満たす機器を配置可能な最小の昇降路サイズを知りたい」に合致した設計手順が自動生成されていることが分かる。

【0147】以上説明の通り、本実施例によれば、制約・属性の重みに基づき制約伝播の順序を決定することで、特定の要求ボタンに合致した設計手順が自動生成でき、さらに複数の要求パターン毎に制約・属性の重みデータを保持しておき、必要に応じて重みデータを入れ替え制約伝播を行うことにより、多様な設計パターンに応じた設計手順の自動生成を可能とする設計支援装置を提供することができる。

【0148】[実施例3]次に本発明の第3の実施例を図1、図2、図14および図24から図36により説明する。本実施例は、設計データ管理部と設計手順導部と設計実行操作部の処理をユーザとの対話操作で進める各表示画面を設けることにより、顧客の要求を属性項目の値として入力すると、属性項目間の制約知識や各属性値の変更可否に基づき設計手順を決定し、また矛盾が発生した場合、手順をガイドして、要求を満たす設計案を得る例について記したものである。

【0149】該対話形設計支援方式が立ち上げられると、まず設計データ管理部の属性値入力ガイド手段304は、ディスプレイ上に新規/既登録物件データ選択画面(図24)を表示する。この画面上でユーザである営業技術者が、新規の物件について設計を行ないたいのか、既に物件データが有るものについて変更したいのかによりメニュー24-1を選択する。新規を選択した場合、次に属性値入力ガイド手段304は、ディスプレイ上に制御パネル画面(図25)を表示し、該画面上に推論モード選択メニュー25-2と、設計履歴情報の保存/非保存選択メニューおよび推論実行トレース画面の表示/非表示選択メニュー25-2と、図メニューの表示/非表示選択メニュー25-4を表示する。また設計データ管理部の設計戦略管理手段が、制御パネル画面上に要求パターンNo.の選択メニュー25-1を表示する。ユーザである営業技術者が要求パターンを選択すると、設計戦略管理手段315は、要求パターン毎に登録してある各属性項目、制約の重みデータを設計対象モデル記憶手段中の属性・制約に割り付ける。またユーザが次に、推論モード、設計履歴情報、推論実行トレース画面、図メニューの値を選択すると、各々のデータが制御部301に設定される。設定が終了すると、設計データ管理部の属性値入力ガイド手段304により、ディスプレイに設計対象の属性値入力・表示画面27-1を表示する。

【0150】あるいは新規/既登録物件データ選択画面(図24)で、ユーザである営業技術者が、既登録物件を選択した場合、既登録物件データを履歴データベース

より読み出して設計データ管理部の属性値入力ガイド手段304が、ディスプレイの設計対象の属性値入力・表示画面27-1に読み出した値を設定した後表示する。

【0151】次に顧客の要求する属性値をユーザが入力する場合、属性値入力・表示画面27-1上の要求に対応する属性値欄をユーザがクリックすると、該属性値の選択可能な値の一覧が文字27-3または数値の範囲または図メニュー27-6として表示される。この内から値を選択すると、選択された属性値が設計対象モデル記憶手段中の属性モデルの対応する属性項目に設定される。また、入力属性値の中で、推論による値の変更をユーザが禁止したいものについては、該属性のロック／アンロック設定欄27-5をクリックすると、ロック状態に設定される。ここで属性値の入力方法として、属性の見だし項目一覧27-4を表示しておき、このうちの1つの見出し項目をユーザが選択すると、該見出し項目の属性を属性値入力・表示画面27-1に表示することも行なえる。さらに設計対象の形状に関する属性値を入力する場合、まず設計対象の形状パターンを表す属性値が入力される(図26)と、予め登録されたノットスケール図26-1を表示することで、顧客の要求に対応する属性が形状のどの寸法に対応するか寸法線26-2で示してガイドすることも行なえる。

【0152】この操作を繰返し要求入力終了すると、ユーザは推論実行コマンドメニュー27-2をクリックする。すると設計データ管理部は、入力された要求仕様に対応して、設計案の生成に使用する設計対象モデルのタイプを自動選択する。次に属性値の設定状況や、「値の新規設定」或いは「値の修正」、或いは「矛盾発生」等である設計状況を参照して、設計手順誘導部が設計解を求めるための手順を決定する。例えば、設計状況が「値の新規設定」の場合には、設計手順誘導部の制約伝播実行順序決定手段が起動されて、設計データ管理部にある設計対象モデル記憶手段に保持されている制約知識の内、設定済の属性値や、属性値に対するロック、アンロック指定の有無を参照して起動可能な制約を抽出し、複数抽出された場合には、新規制約伝播実行する制約を一つ決定し、また設計状況が「値の修正」の場合には、値を修正した属性項目に関連し、さらに属性値に対するロック、アンロック指定の有無により起動可能な制約を抽出して、複数抽出された場合には、修正伝播実行する制約を一つ決定し、設計操作実行部に制約名と関連する属性値を設計操作実行部に設計手順のデータとして送信する。ここで、起動可能な制約が複数抽出された場合には、競合する制約の重みの比較を行い、最も重要度が大である制約を起動対象として決定する。さらに、最も重要度が大である制約が複数存在する場合には、競合する制約に関連する属性項目の重みの比較を行い、より重要な属性項目を設定可能な制約を起動対象として決定する。

【0153】設計操作実行部は、設計手順誘導部から指

示された制約に基づいて、設計解を求めて、設計データ管理部に値を格納する。設計操作実行部では、局所制約伝播手段により、等式で表された制約のパラメータの属性項目に設定済の属性値を与えて、未定の属性項目の値を計算し、結果を設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。制御パネル画面(図25)で、推論実行トレース画面が「表示」と設定されていた場合(25-3)、推論実行トレース画面(図28)が表示され、推論／演算で設定されていく属性値を順次表示する。

【0154】また推論中に属性値に複数の組合せが発生した場合、推論モード25-2で「逐次選択」が設定されていたときは、逐次ディスプレイに属性値選択可能組合せ画面(図29)を表示して、ユーザに対話形で選択させ、組合せの候補から属性値を絞り込む。選択された属性値の組合せを設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。あるいは推論モード25-2で「候補保持」が選択されていた場合は、属性モデル中の各属性の値域に候補値として保持して推論を続行し、推論終了後に属性値入力・表示画面の属性値のメニュー中で候補値の色を区別して表示する。または候補解生成手段311により、テーブルで表された制約のパラメータの属性項目に設定済の属性値を与えて、未定の属性項目の値を検索し、属性値の組合せを求める。その結果、複数の組合せがある場合、制約ネットワーク上の複数の制約を考慮し、それらの相互関係から候補の属性値の組合せを絞り込むことも可能である。

【0155】または矛盾チェック手段312により、等式、テーブルまたは不等式で表された制約のパラメータの全属性項目に設定済の属性値を与えて等式、不等式が成り立つか否か、またはテーブル中に同じ属性値の組合せがあるか否かをチェックし、結果を設計データ管理部の設計対象モデル中の属性モデルに格納する。設計手順誘導部は矛盾チェックの結果がOK、即ち「矛盾無」の場合、新たに設定された値を含む属性値により他に制約伝播実行可能な制約があれば実行する。矛盾チェックの結果がNG、即ち設計状況が「矛盾発生」の場合、制約伝播実行を中断して、矛盾した制約の内容をメッセージ表示する矛盾発生メッセージ画面(図30)を表示する。該画面上で「確認」をユーザがクリックすると、矛盾にたどりつくまでの、推論で設定された属性値をクリアする。あるいは制約の中で、「属性値が許容最小値より大きいかな否か」といった設計基準を表す不等式の形態の制約を、制約伝播実行の最後に、チェックを行ない、チェック結果を設計案評価結果画面(図31a, b)に表示する。

【0156】ここでユーザが、矛盾を解消する方法を得るために手順ガイドコマンドメニューをクリックすると、手順ガイド手段が起動されて、矛盾解消のための属性値変更方法を生成して対策立案画面(図32)が表示

され、矛盾解消の内容からユーザが選択し、属性値の変更を行なう。矛盾解消の方法がない場合は、自動的にユーザが対話形で判断して制約緩和を行なう場合、制約緩和内容表示画面（図33）を表示して、どの制約をどのレベルまで緩和するかを選択する。この後で、再度推論実行コマンドメニュー27-2をクリックすると設計操作実行部が属性値を修正して、属性モデルに値を格納し、これを繰り返して代替の設計案を生成する。

【0157】未定の属性値がまだ残っていて、矛盾の発生がない場合、設計処理が中断してしまうため、質問生成機能により、値を入力することで最も多く他の未定の属性値を計算できる属性を生成し、質問生成画面（図34）を表示してユーザがその属性の値を入力するよう促す。ユーザが回答すると、属性モデルに値を設定する。これに基づき制約伝播を実行する。前述の処理を繰り返し、設計対象モデル中の全属性値が設定済で、矛盾の発生がない場合、ユーザが検図表示コマンドメニューをクリックすると、設計データ管理部の設計案表示データ生成手段が、設計案表示画面（図36）をディスプレイに表示する。また属性値入力・表示画面34-1には、各属性値はユーザの入力したものか、デフォルトの値か、推論で設定された値かによって色を区別して表示される（図35）。

【0158】また設計途中で製品の構造パターンに関する属性値が変更されると、設計データ管理部が設計案の生成に使用する設計対象モデルである属性集合と制約集合を切替え、切替後の属性値入力・表示画面を表示し、ユーザに整合性のとれた属性値入力、表示を行なえるようにして、製品構造のダイナミックな変化に追従して、設計を続行することを可能とするものである。

【0159】以上説明の通り、本実施例によれば、設計データ管理部と設計手順誘導部と設計実行操作部の処理をユーザとの対話操作で進める各表示画面を設けることにより、顧客の要求を属性項目の値として入力する或いは、既に設定済の属性値を修正すると、属性項目間の制約知識や各属性値の変更可否に基づき、設計手順を決定し、要求を満たす設計案を対話形で得ることができる。また、制約重要度や属性項目の重要度を用いて制約の実行順序や方向を制御するので、要求パターン毎に登録された属性・制約の重要度データを用いることにより、多様な要求パターンに応じた設計手順の自動生成を行うことができる。また設計途中で矛盾が発生すると、矛盾解消方法や制約緩和による代替設計案の生成を行なうことで、ユーザに設計手順をガイドして正確、迅速に設計を行なうことを可能とする設計支援装置を提供することができる。

【0160】〔実施例4〕次に本発明の第4の実施例を図37、図38、および図39から図45により説明する。図37は本実施例を実施するためのソフトウェア構成の例である。基本的には図3に示したソフトウェア構

成図中の手段からなるが、各手段間を動作時の参照の關係に沿って結び、それらの關係を明確にし、また本発明の特徴となる部分の動作を説明するものである。図37では、各属性項目および制約毎の重要度を表す重みデータを複数登録しておき、指定された要求パターンに応じて重みデータを読みだし属性・制約に割り付ける設計戦略管理手段5001と、重みデータを格納する設計戦略知識5002を設ける構成となっている。また設計対象モデル切替手段315が参照する製品構造知識5011および制約知識314中の制約の使用条件とを設ける構成になっている。また制約伝播実行順序決定手段307を、起動可能制約抽出手段5005と起動制約判定手段5006に詳細化した構成になっている。また矛盾解消手段308を、熟練者のノウハウで矛盾を解消するための対策をアドバイスする対策ノウハウアドバイス手段5009と、対策ノウハウアドバイス手段が参照する対策ノウハウ5010、制約伝播履歴保持手段5007、逆伝播手段5008に詳細化したものとなっている。また図38は概略フローチャートである。

【0161】以下、対象製品の一つとしてエレベータの場合を例として本設計支援方式の動作を説明する。入力ガイド手段304により、設計対象の基本仕様・基本構造に関する属性項目を属性値入力域に表示し、この際該属性値にデフォルトが設定されている場合、初期値として表示する属性値入力画面と、顧客の要求パターンのメニューを表示し、ユーザが要求する属性値と、要求パターンを選択すると、される設計対象モデル切替手段315が、製品構造知識5011、例えば「製品構造の分類を表す属性Zの値がZ1のときは、設計対象は属性A、B、C…の集合で表され、Z2のときは属性B、D…で表される」といった製品構造の分類に応じて設計対象を表す属性集合を活性化するための知識に基づいて、推論に使用する属性集合を切替る。即ち属性モデル知識ベース313から該集合の属性データを抽出し、推論に使用する属性のデータを格納するワークエリアである属性モデル5003上に展開する。さらに設計対象モデル切替手段315が、属性モデル5003に展開された属性を関連属性とする制約、及び入力された属性値により制約使用条件、例えば「属性Yの値がyのとき、制約C1（属性A＝属性B＋属性C）は推論に使用する」が可となる制約を制約知識ベース314中から抽出し、推論に使用する制約データを格納するワークエリアである制約知識5004上に展開する。

【0162】次に設計戦略管理手段5001がユーザの選択した要求パターン、例えば図15で記したようにエレベータに関する顧客の要求パターンの例については、1）顧客サイドで予めエレベータの基本仕様、例えば「LOAD」、「SPEED」といったエレベータの主な機能を表わす属性項目、および、「昇降路」や「機械室」といったエレベータの建屋スペースを表す建屋仕様が既知であり、これらの属性値をもとに、昇降路に合っ

た標準的な機器仕様やレイアウト仕様を求める。

【0163】2)エレベータの基本仕様のみが既知であり、基本仕様を満たす機器を配置可能な最小の昇降路サイズが知りたい。

【0164】といった場合がある。要求パターン1および2について、それぞれに応じた設計手順の自動生成を行なうために、要求パターンの値に対応した制約・属性の重要度を設計戦略知識5002から読み出して、推論に用いる属性・制約を展開している属性モデル5003と制約知識5004上にある属性・制約に重要度を設定する。また展開された属性に入力ガイド手段304が入力された属性値を設定する(開始からこの処理までがステップ5101に対応)。

【0165】推論がユーザの選択により開始されると、起動可能制約抽出手段5005が入力された属性値に対して起動可能な制約を抽出する。抽出の際には各制約の形態(表、等式、不等式)、起動可能方向性により制約の起動形態(セット、チェック)が判定される。抽出された起動可能制約が複数あり、競合が発生する場合は、起動制約判定手段5006が、競合している制約・属性の重要度に基づき、より重要度の大きい制約で、値を決定する関連属性の重要度の大きい制約を実行すべき制約と判定して、局所制約伝播手段310に伝える。また、属性値の修正を伝播する場合には制約に関連する属性の重要度に着目し、重要度がより小さいものを要修正属性項目と判定し局所制約伝播手段310に伝える。局所制約伝播手段310では、起動制約判定手段5006で指示された制約の実体を読み込み、起動形態に応じて、未定属性値の計算、修正属性値の計算を行なう(推論開始からこの処理までがステップ5102)。また矛盾検出手段312が局所制約伝播の実行中に矛盾の発生した制約を検出する。もし矛盾検出手段312が矛盾を検出した場合、推論を中断し、矛盾の発生したことをユーザに警告する。ここで対策立案をユーザが選択した場合、対策ノウハウアドバイス手段5009が、対策ノウハウ5010、例えば

```
「IF      制約C2で矛盾 & 属性X > X1
  THEN   製品構造ZをZ2に変更する
        OR
        制約C2を緩和する
        OR
        属性BをB2に変更する」
```

といった、矛盾の発生した制約や、他の属性値の状況から、矛盾を解消するために熟練者のとる対策ノウハウに基づいて、製品構造の変更方法、制約の緩和方法、入力した要求属性値の変更方法をアドバイスする(ステップ5103)。

【0166】ユーザが製品構造を表す属性値の変更を選択して、これに対応する製品構造の属性値を変更した場合、変更値にしたがって、設計対象モデル切替手段315が動作して、製品構造知識5011と制約知識ベース314中

の使用条件に基づいて、製品構造の変更値により推論に使用しなくなった属性と、これに関連する制約を不活性状態にすると共に、制約の使用条件を満たす制約を活性状態にする。この結果切り替わった属性・制約集合を、属性モデル5003、制約知識5004上に展開する。この後再度、制約伝播を実行開始する。

【0167】またはユーザが制約の緩和を選択した場合、制約緩和手段309がユーザの選択した制約の緩和レベルを変更し、この後制約伝播を再実行する。

【0168】またはユーザが属性値の修正を選択した場合、途中で制約・属性集合の切替が発生する場合も含む制約伝播の履歴を保持する制約伝播履歴保持手段5007が矛盾の発生した制約に関連する入力属性、即ち矛盾原因属性を抽出し、また逆伝播手段5008がこの入力属性値の修正すべき値を算出する。ユーザがこの修正値を選択して、再度制約伝播を開始する。

【0169】以上の処理を推論に用いている全ての属性値が矛盾なく決定されるまで繰返し、属性値が矛盾のない状態で求まれば、設計解表示手段305が属性値と、対応する設計対象の形状を表示する。もし未定の属性値が残ったまま推論が終了すれば、質問生成手段316が未定の属性値の入力をユーザに促す質問を生成する。

【0170】以上のようにして、本発明による設計支援方式は、多様な要求パターンに応じた設計手順を生成可能で、また構造変化を伴うような場合にも推論続行することができ、またノウハウを取り込み可能なため、対話形で迅速に矛盾を解消しながら設計解を求めることができる。

【0171】上記のような各手段の動作で設計解を求めるが、個々の手段の内容についてさらに記す。

【0172】設計対象モデル切替手段315について、属性・制約集合の切替られる例としては、図39のように、初期段階で1:1ロービングのエレベータのかご重量が大幅に増加する変更があったとする。1:1ロービングとかご重量には、適用限界重量という制約があるので2:1ロービングに変更する必要があるが、2:1ロービングの場合にはかご及びおもりを釣るためのブーリが新規に2個必要となる。そこで、引き続いて制約伝播を行ない設計を進めるためには、属性集合および制約集合に新規ブーリに関する項目を追加しなければならない。また、属性のとり値によっても制約の内容は変化する。例えば、図40のようにドア形式が2S-2P(片開き)の場合と2P-CO(両開き)の場合とを比べた場合、かごとドアの芯ずれ量Lに関する制約は内容がそれぞれ異なる。そこでドア形式の値に応じて制約の内容を切り替え、制約伝播させることで適正な属性値を計算しなければならない。また図41のように推論の結果、おもりと壁の間のすきま距離が空きすぎている場合に、中間ビームを付加しておもり用のレールを取り付けることになるため、中間ビームのサイズや形式等の仕様や位

置の属性・制約を追加した集合に切替ることが必要になり、設計対象モデル切替手段315は上記の場合に対して整合性のとれた属性・制約集合の切替を行なう。

【0173】また制約緩和手段309について、図42に示すように制約によっては段階的に厳しさの異なる幾つかのレベルが存在する。例えば、図中の”かごサイズ選定制約”の場合、「できればこの値で設計したい」という推奨値から、段階的に選択範囲の広い選定基準を工場側で用意しており、最も選択範囲の広い場合には「JIS規格で定める」かご幅と奥行の積が積載量に比例して一定ならばどの値でも採用できる」という等式形の制約となる。技術検討過程では、かごサイズの特殊な変更要求等に対しては厳しい制約（推奨値）から段階的に緩い制約に緩和を行ない設計解を見出す。そこで、上述のような緩和可能な制約については例えば緩和レベルに応じて制約を階層的に登録できるようにする。

【0174】また上記の動作を行なわせるために、属性モデル313のデータの記述形式について、例えば図43のように表せる。①属性名称、②単位、③形、④値域：属性の取り得る値、⑤デフォルト値、⑥分類、⑦活性化条件：属性集合を制御するための記述項目。属性が活性化され制約伝播の対象となる条件を基本構造属性（ローピング等）の値と対応付けて登録する。以上①～⑦について設計が完了するための全ての仕様項目を属性として抽出し定義する。

【0175】さらに制約知識314の記述形式について、例えば図44のように表せる。①制約名称、②形態、③用途、④起動方向性：制約の起動方向性”有り”の場合、出力属性名と共に定義する。⑤活性化条件：制約集合を制御するための記述項目。制約が活性化され制約伝播の対象となる条件を属性の値と対応付けて登録する。

【0176】⑥緩和可否：緩和可能な制約の宣言を行なう記述項目。緩和可能なレベル数とともに各緩和レベル毎の制約実体を登録する。

【0177】また制約の実体データは属性間の関連規則としては、例えば図45のように表せる。即ちテーブル、不等式入りテーブル、等式、不等式、設計計算の5形態のいずれかで定義する。制約伝播過程では、制約の起動形態は、イ）セット（制約を用いて属性値を設定する）ロ）チェック（制約が満たされているか既設定の属性値から判定する）の二通りあり用途の違いによって起動形態も異なる。例えば、デフォルト設定制約では、ユーザの入力がない場合に、標準的な属性値を設定するが、この制約が満たされていなくても矛盾とはならない。これに対して機器仕様選定やレイアウト決定制約では属性値を決定（セット）し、かつ、制約は必ず満たされているように常にチェックされる。

【0178】【実施例5】以下に本発明の第5の実施例を図46から図50により説明する。本実施例は、制約伝播において矛盾が発生する場合に、対策ノウハウアド

バイス手段5009により属性値の変更方法を指示する場合に、変更すべき属性を熟練者の定性的なノウハウを用いて指示する場合と、制約伝播の履歴上で矛盾の原因を求め、かつ、その矛盾の解消するための属性の修正値を求めることに関するもので、特に、属性の値によって制約の内容が切り替わる制約を含む制約伝播における矛盾の解消方法に関するものである。

【0179】通常は、制約伝播の履歴を、値の確定した属性である変数に対して持つだけで、制約の内容の切り替えの履歴を持たないために、制約伝播の履歴を用いて矛盾の原因を求めるときに、制約の内容を切り替えている変数に関しては考慮されず、制約の内容を切り替えている変数を矛盾の原因として求めることができないという問題があった。

【0180】また、制約伝播の矛盾の原因となった変数がどれかを求めるだけでは求められた前記変数をどのように変更すればよいか、ということに配慮されておらず、矛盾を解消するために原因として求められた変数の値を試行錯誤的に変えて試さなければならないという問題があった。

【0181】本実施例は、上記のような問題を解決するために、例えば制約伝播の過程で発生する矛盾に対して、制約伝播の履歴をたどり矛盾原因の入力変数を求め、かつ、矛盾解消可能な矛盾原因変数の値を求めることを目的とする。

【0182】上記の目的を達成するために、本実施例は、制約伝播を実行する「制約伝播手段」、制約の内容を切り替える「制約切替手段」、「制約伝播手段」「制約切替手段」のそれぞれの履歴を記録し、保持しておく「制約伝播履歴保持手段」「制約切替履歴保持手段」、「制約伝播履歴保持手段」によって生成される「制約伝播履歴データ」、「制約切替履歴保持手段」によって生成される「制約切替履歴データ」、矛盾発生時に「制約伝播履歴データ」「制約切替履歴データ」を基に制約伝播の方向を逆方向にたどり矛盾原因を求めその矛盾解消方法を求める「制約逆伝播手段」とを設ける構成としている。

【0183】これにより、「制約切替手段」による制約内容の切り替え履歴も「制約切替履歴保持手段」によって保持できるようになり（「制約切替履歴データ」）、「制約逆伝播手段」は制約内容を切り替えている変数も矛盾の原因として求めることを可能にしている。

【0184】また、「制約逆伝播手段」は、制約伝播の履歴を制約伝播と逆方向にたどり矛盾の原因変数を求め、かつ、制約伝播の値伝播の方向と逆方向に値を伝播し矛盾を解消できる矛盾原因変数の値を求めることを可能にしている。これらにより、本発明は、制約伝播の過程で発生する矛盾に対して矛盾原因変数とその矛盾解消可能な値を求めることができる。

【0185】図46に本実施例の構成図を示す。図46

において、7101「変数データ」は変数の値と値の確定状態のデータ、7102「制約データ」は変数間の関連規則である制約の内容を示すデータ、7103「制約伝播手段」は7101から変数の確定状態と値と7102から制約内容を読み込み未確定変数の値を確定し7101に書き込む手段、7104「制約切替手段」は7101から変数の値と7102から制約のデータを読み込み制約の内容を切り替え7102に書き込む手段、7105「制約伝播履歴保持手段」は7104で変数の値が確定されたとき値を確定した制約と確定に必要な変数と確定された変数を7107に書き込む手段、7106

「制約切替履歴保持手段」は7103で制約の内容を切り替えたとき切り替えの条件となった変数及び切り替わった制約を履歴として7107に書き込む手段、7107「制約伝播履歴データ」は7106によって書き込まれたデータ、7108「制約切替履歴データ」は7105によって書き込まれたデータ、7109は7107と7108のデータを使い制約伝播の値伝播の方向と逆方向に制約・変数をたどりかつ制約伝播の値伝播の方向と逆方向に値を伝播する手段である。

【0186】図47に、処理手順を表すフローチャートを示す。図47を用いて上記目的をどのように達成するかを示す。

【0187】まず変数に初期値が外部から入力され、入力された変数の値が確定する(7201)。確定された変数を使って「制約伝播手段」「制約切替手段」を実行できるものがあれば実行する(7202,7203)。「制約伝播手段」が実行される(7203)と未確定の変数の値が確定され、その履歴を「制約伝播履歴保持手段」が履歴を「制約伝播履歴データ」に記録する(7207)。「制約切替手段」が実行される(7202)と制約内容が切り替わり、その履歴を「制約切替履歴保持手段」が履歴を「制約切替履歴データ」に記録する(7206)。「制約伝播手段」または「制約切替手段」が実行されたら、矛盾が発生していないかで検査する(7208)。検査で矛盾が発生していなければ「制約伝播手段」「制約切替手段」の処理に戻る。検査で矛盾が発生していることが見つければ「制約逆伝播手段」を開始する(7209)。

【0188】まず「制約逆伝播手段」では、矛盾している変数の値を確定した履歴を「制約伝播履歴データ」から探しその変数の確定に必要な変数として履歴に記録されている変数を仮の矛盾原因変数とする。また、その履歴の変数を確定している制約が「制約切替履歴データ」中で制約内容が切り替わっているか探し、切り替わっている場合、切り替えの条件となっている変数も仮の矛盾原因変数とする。仮の矛盾原因となっている各変数について「制約逆伝播手段」の処理を繰り返し行い、制約伝播の値伝播の方向と逆方向にたどる処理を行う。仮の矛盾原因変数を確定している履歴が見つからなくなったとき、その仮の矛盾原因変数を矛盾原因変数とする。

【0189】上記「制約逆伝播手段」の処理は並行して、矛盾が解消できる仮矛盾原因変数の値を、制約伝播の値伝播の方向と逆方向に制約を実行し仮の矛盾原因変数の値を求めていく。

【0190】「制約逆伝播手段」の処理が全て終了したら、見つかった矛盾原因変数とそれぞれの矛盾解消できる値を提示し(7210)、矛盾解消する変数の値を再び外部から入力し(7211)、再び「制約伝播手段」「制約切替手段」の処理に戻る。

【0191】この処理全体を「制約伝播手段」「制約切替手段」で実行する処理がなくなるまで繰り返す。

【0192】図48に示す制約関係を含む制約関係において、制約伝播中に矛盾が発生した場合について説明する。図48において、7301は変数X、7302は変数A、7303は変数B、7304は変数C、7305は変数A、B、C間の制約で式で表され $C = A + B$ 、7306は変数A、B、C間の制約で式で表され $C = A - B$ 、7307は変数Xによって7305、7306のいずれかを制約の内容とすると変数A、B、C間制約である。7308は、制約7307の内容を切り替える関係で、変数Xの値が0以上のとき7305を制約の内容とし、変数Xの値が0未満のとき7306を制約の内容とする。

【0193】制約伝播は、以下の様に実行されていく。

【0194】(1) 変数X=-10が外部から入力され値が確定したことにより、「制約切替手段」により制約7307の内容は式7306となる。

【0195】(2) 変数A、Bも外部から入力され、 $A = 200$ 、 $B = 100$ と確定される。

(3) 変数A、Bが確定されたことにより、「制約伝播手段」により制約7307が実行され、

$$\begin{aligned} C &= A - B \\ &= 200 - 100 \\ &= 100 \end{aligned}$$

となり、変数C=100と確定する。

【0196】(4) 変数Cの値が確定されたことにより制約伝播が引き続き実行されていく。

(5) (1)(2)の処理による、図48の制約関係上だけの制約伝播の履歴は、「制約伝播履歴データ」は図49、「制約切替履歴データ」は図50になる。

【0197】この制約伝播の過程で矛盾が発生したとする。矛盾が発生した変数から「制約逆伝播手段」を開始する。逆方向にたどってくると、図46の制約関係の中の変数Cが仮の矛盾原因変数となった。また、変数Cにおける矛盾解消可能な値は300である。そこから先の、「制約逆伝播手段」の処理を以下に示す。

【0198】(7) 変数Cの値を確定した制約を前記「制約伝播履歴データ」からさがすと、制約7307であることがわかる。その原因となっているのは、変数A、Bである。この変数A、Bを仮の矛盾原因変数とする。

【0199】(8) 制約7307の内容を確定した履歴を前記「制約切替履歴データ」から探すと、変数Xが内容確定の条件であることがわかる。この変数Xを仮の矛盾原因変数とする。

【0200】(9) (7)(8)より、変数Cの値は、変数A、B、Xによって確定されていることがわかる。そしてこれら3変数の値を確定している制約は他にないので(外部から入力されているので)この3変数は矛盾原因であることがわかる。

【0201】(10) 変数Cにおける矛盾解消可能な値は300である。ここで、図48の制約関係上で変数A、B、Xが仮の矛盾原因変数となっているので、この3変数に対して、矛盾を解消するための値を計算する。まず制約7307の式7306を変形して

$$C = A - B$$

$$A = C + B$$

これより変数Aは、

$$A = C + B$$

$$= 300 + 100$$

$$= 400$$

となって、A=400のとき矛盾解消可能なことがわかる。同様にして、変数Bは、

$$B = A - C$$

$$= 200 - 300$$

$$= -100$$

となり、B=-100のとき矛盾解消可能なことがわかる。

【0202】次に、変数Xについて矛盾解消可能な値の計算を行う。

【0203】

Xが0以上: 制約7307の内容は式7305

$$C = A + B$$

$$300 = 200 + 100$$

Xが0未満: 制約7307の内容は式(現在の制約)

$$C = A - B$$

$$300 \neq 200 - 100 = 100$$

Xの計算を行うと以上ようになって、Xが0以上のとき矛盾がなく計算できる。以上より、

$$A = 400$$

$$B = -100$$

$$X \geq 0$$

のいずれかのとき矛盾の解消が可能であることが分かる。

【0204】[実施例6] 次に、同様な実施例6を示す。図51の変数と制約の関係で、制約伝播方式行う場合の例である。この例で制約伝播を行ったときの「制約伝播履歴データ」は図52、「制約切替履歴データ」は図53になる。制約伝播中に変数P10で矛盾が発生した場合、「制約逆伝播手段」の逆にたどる処理の例を以下に示す。

【0205】(1) 変数P10の値を確定した履歴を「制約伝播履歴データ」から探す。

【0206】(2) 制約C5によって、変数P10の値が確定されていて、必要だった変数はP9であることがわかる。変数P9を仮の矛盾原因変数とする。

【0207】(3) (2)と同様に仮の矛盾原因変数P9を確定した履歴を「制約伝播履歴データ」を探すと、制約C4が見つかり、それに必要だった変数P5、P7を仮の矛盾原因変数とする。

【0208】(4) 制約C4は、「制約切替履歴データ」上にあるので、切替の条件となっていた変数P6も仮の矛盾原因変数とする。

【0209】(5) (2)と同様に仮の矛盾原因変数P5、P7、P6を履歴から探す。P5、P6はそれぞれ制約C1、C2によって値が確定されているので、それぞれの必要変数P1、P2、P3を仮の矛盾原因変数とする。

【0210】(6) 仮の矛盾原因変数P7の値を確定している履歴が「制約伝播履歴データ」にないので、変数P7を矛盾原因変数とする。

【0211】(7) (2)と同様に仮の矛盾原因変数P1、P2、P3の値を確定している履歴を「制約伝播履歴データ」から探す。見つからないので変数P1、P2、P3を矛盾原因変数とする。

【0212】(8) 以上の処理により、矛盾原因変数は、P7、P1、P2、P3であることがわかる。

【0213】この4変数の値に関して、矛盾が解消可能な値を実施例1と同様に計算する。

【0214】以上のように、本発明による設計支援方式において矛盾が発生しても、その矛盾の原因を求めることができ、その解消方法も示すことが可能になる。

【0215】また、矛盾を解消する方法として、矛盾の原因である変数の値を未確定にし、履歴を基に、未確定にした変数によって確定した変数を未確定にすることを繰り返していくという方法もある。

【0216】[実施例7] 以下に本発明の実施例7を図54から図59により説明する。

【0217】図54は本発明による設計データ入力支援方式を有する設計支援装置の一実施例を示す概略機能構成図である。図54において8101は設計対象モデルの属性モデルや制約知識を格納し属性値の入力を行なう要求属性値入力手段、8102は設計推論/演算結果の設計解を出力する設計解出力手段、8103は設計推論/演算手段、8104は属性モデルと推論規則よりなる設計対象モデル、8105は、ノットスケール図形表示手段、8106はノットスケール図形検索手段、8107はノットスケール図形データ、8108はノットスケール図形データ登録手段である。

【0218】図55は図54の機能を実施するためのハードウェア構成の例である。図55において8201はワークステーション、8202はディスプレイ、8203はキーボー

ド、8204はマウス、8205はプリンタ、8206は外部記憶装置である。

【0219】図56は図54の機能を実施するためのソフトウェアのフローチャート例である。はじめに属性値入力手段により、属性値の入力メニューを生成する。これに基づき顧客は要求する属性値を入力していく。このとき設計対象の形状パターンを表す属性に値が入力されると、ノットスケール図形表示処理が起動される。

【0220】この後、要求の入力が終了すると、推論／演算を実行する。矛盾がある場合は整合性がとれない旨をメッセージ表示する。また矛盾がなく設計属性値が全てもとまっている場合には設計解出力手段により結果を出力する。未定の属性値が残っている場合には、入力あるいは推論演算を繰り返す。

【0221】次にノットスケール図形表示処理について図57を用いて説明する。まずノットスケール図形検索手段が設定された形状パターンを表す属性値をキーとしてノットスケール図形データを検索する。次にノットスケール図形表示手段が検索されたデータを画面表示する。ここでユーザが要求属性値入力画面の属性項目をクリックすると、属性に対応したノットスケール図形中の寸法を寸法線として表示する(図59)。この後は形状パターンの属性値が変更されるまで、検索されたノットスケール図形を表示する。変更されると検索処理、表示処理をやりなおす。システム終了時に画面を終了する。

【0222】図58にノットスケール図形データの例を示す。設計対象モデルの配置と、その配置パターンの属性を定義し、各配置パターン毎に形状データ中の寸法と、その寸法に対応する属性名との対応関係を登録しておく。これにより配置パターンNo.をキーとして、設計対象の基本構造をノットスケールであるが検索でき、ユーザが視覚で確認できるとともに、各属性と寸法の対応も容易に理解することができる。

【0223】また本設計データ入力支援方式において、ノットスケール図形データと、図形データと属性項目名の対応と、ノットスケール図形の検索条件を登録するノットスケール図形データ登録手段をさらに具備することにより、ノットスケール図形データの構築を容易に行なうことができる。

【0224】〔実施例8〕以下に本発明の実施例8を図60から図68により説明する。

【0225】図61は本発明による制約管理方式を実現する設計支援システムの一実施例を示す構成図である。図61において、9201、9202、9203はワークステーション等による一台の設計支援装置であり、9210は設計解や設計途中結果、緩和された制約条件と制約緩和レベル、制約条件を緩和するに至った設計意図に関する情報を共有するためのファイルサーバであり、9211はファイルサーバと設計支援装置とで情報交換するためのネットワークである。

【0226】図60は制約管理方式の機能構成を示した図であり、9101は顧客の要求する属性値を入力するための属性値入力手段、9102は属性値として表現された設計対象の仕様を記憶する属性値記憶部、9103は属性値記憶部に記憶されている属性値に基づいて設計解または設計途中結果を図面等の手段で出力する設計解出力手段、9104は属性間の制約を格納しておく制約知識ベース、9105は現在有効な制約を記憶するアクティブ制約知識ベース、9106は制約知識ベースに格納されている制約のうち現在有効な制約を取り出してアクティブ制約知識ベースに設定する制約緩和手段、9107は及びアクティブ制約知識ベースに基づき属性値間の矛盾の有無を確認したり設定済の属性値から未設定の属性値の求め属性値記憶部に値を設定する制約伝播手段、9108は属性値間に矛盾がある場合にその内容を表示する矛盾表示手段、9109は矛盾表示手段によって属性値間の矛盾が確認され設計者が制約を緩和すると判断したときに制約緩和指示を入力する制約緩和指示入力手段、9110は制約緩和指示入力手段から入力された制約緩和指示に基づき制約緩和レベルを記憶する制約緩和レベル記憶部、9111は設計者が制約を緩和すると判断したときにその設計意図を入力する設計意図入力手段、9112は設計意図入力手段により入力された設計意図を記憶する設計意図記憶部、9113は各属性の値、各制約の制約緩和レベル、設計意図をそれぞれの設計解または設計途中結果ごとに関連付けてファイルサーバから取出したり格納したりするための入出力処理手段である。これらはすべて設計支援装置内にもたせる。

【0227】9121は設計支援装置を用いて設計が行なわれた設計解または設計途中結果を格納する設計解／設計途中結果格納部、9122は設計解または設計途中結果を得る途中で緩和した制約の内容を格納する制約緩和レベル格納部、9123は制約を緩和した設計意図を記憶する設計意図格納部であり、これらは各々の設計解または設計途中結果ごとに関連付けてファイルサーバに格納される。

【0228】図62は図61の手段を実施するためのハードウェア構成の例である。図62において、9301ないし9306は設計支援装置を構成し、9301はワークステーションのシステム装置、9302はディスプレイ装置、9303はキーボード、9304はマウス、9305は設計解を出力するプリンタ、9306は制約知識ベースを格納するための9311ないし9316はファイルサーバを構成し、9311はワークステーションのシステム装置、9312はディスプレイ装置、9313はキーボード、9314はマウス、9315はプリンタ、9316は設計解／設計途中結果格納部、制約緩和レベル格納部、設計意図格納部を格納するための外部記憶装置である。

【0229】以下、対象製品をエレベータとした場合を例として説明する。図63はエレベータの構成を表わす。エレベータは、人や荷物を乗せる「かご」や、「かご」と釣合いをとるためロープで結ばれた「釣合いおも

り」、「かご」と「釣合いおもり」を上下させる「巻上げ機」から主に構成され、これらが「昇降路」、「機械室」に配置される。エレベータの構造は、建物の中でエレベータが設置される「昇降路」の間口寸法、奥行き寸法である「昇降路間口」、「昇降路奥行」、や「かご」に乗せることの可能な重量である「積載荷重」といった顧客の要求する属性値に対して適するように、各パートの属性値、即ち「かご」の内側の間口寸法、奥行き寸法である「かご内法間口」、「かご内法奥行」や「かご」の外側の間口寸法、奥行き寸法である「かご外法間口」、「かご外法奥行」等の属性値を設定することによって決まる。制約は複数の属性値間で満たすべき組合せを示すテーブル、数式、不等式等で表わされる。図64に属性項目と制約との関係の一例を、図65に各制約の内容を示す。

【0230】例えば制約1は「積載荷重」と「かご内法間口」、「かご内法奥行」の値の整合性のとれた組合せのテーブルを示している。制約2、制約3は「かご」側板の厚みのために満たすべき制約であり、制約4、制約5は「かご」や「おもり」が「昇降路」に衝突せずに上下するために満たすべき制約である。これらの制約は制約伝播手段107によって、制約中の何れかの属性値が設定されると自動的に制約中の他の属性値を求めるといったように双方向で用いられる。例えば制約1で「積載荷重」が「1050kg」と設定された場合、「かご内法間口」と「かご内法奥行」の値は各々「1900mm」、「1300mm」と決まり自動的に値が設定され、逆に「かご内法間口」と「かご内法奥行」の値が各々「1550mm」、「1100mm」と設定された場合「積載荷重」は「700kg」と決まり値が自動的に設定される。制約2、制約3についても、「かご内法間口」、「かご内法奥行」が決まると自動的に「かご外法間口」、「かご外法奥行」が計算され値が設定される。逆に「かご外法間口」、「かご外法奥行」が決まると自動的に「かご内法間口」、「かご内法奥行」が計算され値が設定される。また制約4、制約5については「かご外法間口」と「かご外法奥行」の値が設定され、「昇降路間口」、「昇降路奥行」も既に設定されている場合は、不等式が成り立つかを確認する。また特に制約1について、図65の値の組合せは標準制約を表わし、この組合せで設計解が得られない場合には、制約緩和手段9108によって、図66に示すような非標準制約に制約を緩和し設計を続行する。

【0231】制約緩和レベル記憶部は、図67のように制約番号にたいして緩和レベルを、標準（制約緩和なし）、非標準n（nレベル緩和）、除去（すべての制約緩和）のように記憶する。また、設計意図記憶部では図68のように、緩和した制約に関する緩和の理由を、「強度不足」、「顧客指定」、「対象形状が特殊」のように記憶する。設計終了または中断時には、入出力処理

手段を介して属性値記憶部、制約緩和レベル記憶部、設計意図記憶部の情報が相互に関連付けられて設計解/設計途中結果格納部、制約緩和レベル格納部、設計意図格納部に格納される。

【0232】設計解または設計途中結果を用いて設計解を修正したり設計作業を継続する場合には、各設計支援装置から入出力処理手段を介して設計解または設計途中結果のデータとともに、その設計解または設計途中結果を導くために緩和された制約条件及び緩和レベル、制約条件を緩和するに至った設計意図を示すデータが各設計支援装置に転送されるので、以前の設計作業時になされた意志決定、判断の内容が消失されることなく設計解を修正したり設計作業を継続することが可能である。

【0233】[実施例9]次に本発明の第9の実施例を図69、図70により説明する。本実施例は、要求に対して、とりうる全ての設計解の候補を出力する候補解生成手段311について説明するものである。図69の制約ネットワーク上でLOADに950、昇降路間口寸法に2500、SPEEDに150、出入口幅に1100、出入口芯に1670を入力すると、図7の制約に基づいて、制約C1が起動され、かご内法Wとかご内法Dに（1650、1350）あるいは（1850、1250）のとりうる組合せが発生する。候補解生成手段311はこの2組の組合せで各々制約伝播を続けて、途中で矛盾が発生した場合、その組合せを破棄し、矛盾が発生しないで推論が実行され設計解の決まったものを図70のように候補解として出力する。これによりユーザが候補解の中から、希望に最も近いものを設計解として選択することを可能とするものである。

【0234】[実施例10]以下に本発明の実施例10について図71により説明する。

【0235】図71は本発明による設計支援方式を実現する設計支援システムの一実施例を示す構成図である。図71において本発明の機能からなる設計支援装置を営業技術部門に配置することにより、顧客の要求仕様に基づいて、機器仕様、および各機器のレイアウト仕様の検討が、設計手順のガイド、ノウハウアドバイスを通じて対話的に行なえるので設計解を迅速に算出できる。設計解は据付図面として出力し顧客の提示する。顧客の承認を得た後にネットワークを通じて工場側に製造手配される。

【0236】

【発明の効果】本発明によれば、多様な属性項目、属性値のバリエーションをもつ製品について、設計データ管理部と、設計手順誘導部と設計操作実行部が連動することにより、手順を誘導しながら、製品の属性値を制約に基づいて自動的に決定していくことにより、顧客の要求を満たす設計解を効率的に生成することができる。

【0237】また、顧客の要求にバラエティがあり、その度に特に重要な仕様項目が変更されて設計の手順が変

10

20

30

40

50

わるような製品について、多様な要求パターンに応じた設計手順を自動生成することができるので、顧客の要求を満たす設計解を効率的に生成することができる。

【0238】また、既に設定済の属性値の変更に対して、修正伝播により対応して正確・迅速に設計案を修正することができる。

【0239】また要求に対して可能な候補設計案を生成することができるので、ユーザが様々な可能性を知ることができる。

【0240】また制約の伝播途中に、矛盾が発生した場合には、矛盾解消を示したり、解消できなかった場合には制約を緩和して代替の設計案を生成することができるので、顧客の要求に対応できなかったとき、原因や対策、代案を容易に知ることができる。

【0241】また質問生成により制約伝播が途中で中断した場合、さらに入力すべき属性値を示して、ユーザが設計続行することを容易にし、迅速な設計を行なうことを可能にしている。

【0242】また設計途中での製品構造に関する属性値の変更や、矛盾の発生に対応して、設計案の生成に使用する属性と制約の集合を自動的に切り替えることにより、設計を続行することが可能である。

【0243】また、顧客の要求にバラエティがあり、その度に特に重要な仕様項目が変更されて設計の手順が変わるような製品について、制御パネル画面でユーザに選択された要求パターンNo.に基づき、該要求パターンに応じた設計手順を自動生成することができるので、顧客の要求を満たす設計解を効率的に生成することができる。

【0244】また、既に設定済の属性値を属性値入力・表示画面上で変更し、推論実行コマンドメニューを選択すると、修正伝播が実行され正確・迅速に設計案を修正することができる。

【0245】また要求に対して可能な候補設計案を生成し表示することができるので、ユーザが様々な可能性を知るとともに、ユーザが候補を絞り込むことができる。

【0246】また制約の伝播途中に、矛盾が発生した場合には、矛盾解消をするための属性値変更方法を表示したり、解消できなかった場合には緩和する制約の内容を表示して、代替の設計案を生成することができるので、顧客の要求に対応できなかったとき、原因や対策、代案を容易に知ることができる。

【0247】また質問生成により制約伝播が途中で中断した場合、さらに入力すべき属性値を表示して、ユーザが設計続行することを容易にし、迅速な設計を行なうことを可能にしている。

【0248】また設計途中での製品構造に関する属性値の変更や、矛盾の発生に対応して、設計案の生成に使用する属性と制約の集合を自動的に切り替え、属性値入力・表示画面のメニューの整合性を保つことにより、設計

を続行することが可能である。

【0249】このようにして営業技術者は、顧客の要求に迅速に対応して結果を提示することができ顧客レスポンスの向上を図ることができる。

【0250】また制約伝播中に内容が変わる制約を持つ制約伝播方式においても、発生する矛盾の原因となる変数を求めることができ、かつ、矛盾原因変数の値を矛盾が解消できるように求めることができる。

【0251】本発明によれば、要求属性値入力において、設計対象モデルの形状パターンを表す基本構造に関する属性値が入力されると、ノットスケール図形を表示して、ユーザが属性値入力・表示画面の属性名称欄をクリックすると上記属性モデル中の各属性項目が、設計対象モデルの形状のどの寸法に対応するか判定し、ノットスケール図上に形状と色を区別して寸法線を表示するノットスケール図形表示手段とを設けることにより、入力しようとする属性の内容をユーザが容易に確認できるようになる。

【0252】またノットスケール図形データと、図形データと属性項目名の対応と、ノットスケール図形の検索条件を登録するノットスケール図形データ登録手段を設けることにより、ノットスケール図形データの構築を容易に行なえるようになる。

【0253】以上のようにして設計を迅速に行なうことが可能である。営業技術者は、顧客の要求に迅速に対応して結果を提示することができ顧客レスポンスの向上を図ることができる。

【0254】本発明によれば、設計解または設計途中結果を用いて設計解を修正したり設計作業を継続する場合に、以前の設計作業時になした意志決定、判断の内容が消失されることなく、その設計解または設計途中結果を得るに至った緩和された制約条件及び緩和レベル、制約緩和を行なった設計意図を用いて設計解を修正したり設計作業を継続することができるので、効率の良い設計が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による設計支援方式の一実施例を示す機能構成図である。

【図2】図1の装置の利用形態を示すハードウェア構成図である。

【図3】図1の方法を有する設計支援装置の手段の構成である。

【図4】エレベータの属性モデル知識ベースと制約知識ベースの説明図である。

【図5】エレベータの属性モデルと形状の対応の説明図である。

【図6】属性モデル中の各属性項目の内容説明図である。

【図7】制約知識の内容説明図である。

【図8】制約起動条件の管理テーブルの図である。

61

【図9】制約ネットワークによる初期値が入力された状態を表わす図である。

【図10】制約C1の制約伝播実行後、得られた制約ネットワークの状態の図である。

【図11】制約C5、制約C6の局所制約伝播の実行により得られた制約ネットワークの状態の図である。

【図12】修正伝播例の図である。

【図13】エレベータの構成の説明図である。

【図14】第2の実施例における設計支援装置の手段の構成である。

【図15】要求パターンの具体例を示す図である。

【図16】第2の実施例における属性モデル中の各属性項目の内容説明図である。

【図17】第2の実施例における制約知識の内容説明図である。

【図18】第2の実施例における制約起動条件の管理テーブルの図である。

【図19】第2の実施例における制約実体の保持状態説明図である。

【図20】第2の実施例における設計戦略管理テーブルの図である。

【図21】第2の実施例における要求パターン1の制約ネットワークを表わす図である。

【図22】第2の実施例における制約伝播実行順序決定フロー。

【図23】第2の実施例における要求パターン2の制約ネットワークを表わす図である。

【図24】新規/既登録物件データ選択画面である。

【図25】制御パネル画面である。

【図26】属性値入力用ノットスケール画面である。

【図27】属性値入力・表示画面と属性値入力メニュー、各機能実行のコマンドメニューの画面である。

【図28】推論実行トレース画面である。

【図29】属性値選択可能組合せ画面である。

【図30】矛盾発生メッセージ画面である。

【図31】設計案評価結果画面である。

【図32】対策立案画面である。

【図33】制約緩和と内容表示画面である。

【図34】質問生成画面である。

【図35】設計結果の属性値入力・表示画面である。

【図36】設計案表示画面である。

【図37】図1の機能構成の見方を変えた構成図である。

【図38】図37の構成図の概略フローチャートである。

【図39】属性集合のモデル切替の例である。

【図40】制約集合のモデル切替の例である。

【図41】制約伝播中に起きた矛盾を解消するために製品構造の変更を指示する対策ノウハウの例である。

【図42】制約緩和の内容図である。

62

【図43】属性データの記述フォーマットである。

【図44】制約知識の記述フォーマットである。

【図45】制約の起動可能な条件を表す図である。

【図46】本発明による制約伝播方式の構成図である。

【図47】本発明による制約伝播方式の処理フローチャートである。

【図48】本発明の実施例5を説明するための制約と変数の関係を示す図である。

【図49】実施例5の「制約伝播履歴データ」である。

【図50】実施例5の「制約切替履歴データ」である。

【図51】本発明の実施例6を説明するための制約と変数の関係を示す図である。

【図52】実施例6の「制約伝播履歴データ」である。

【図53】実施例6の「制約切替履歴データ」である。

【図54】本発明による設計データ入力支援方式の一実施例を示す機能構成図である。

【図55】図1の装置の利用形態を示すハードウェア構成図である。

【図56】図1の方法を有する設計データ入力支援方式のフローチャートである。

【図57】ノットスケール図形表示処理のフローチャートである。

【図58】ノットスケール図形データの構成である。

【図59】ノットスケール図表示画面である。

【図60】本発明による制約管理方式の一実施例を示す機能構成図である。

【図61】図60を実現する設計支援システムの構成図である。

【図62】図61の設計支援装置及びファイルサーバのハードウェア構成図である。

【図63】エレベータの構成の説明図である。

【図64】エレベータの属性と属性間の制約の説明図である。

【図65】制約知識ベース中の各制約の内容説明図である。

【図66】図65の制約1に関する非標準制約の内容説明図である。

【図67】制約緩和とレベル記憶部の構成図である。

【図68】設計意図格納部の構成図である。

【図69】候補解生成を行なう場合の、属性候補値の例である。

【図70】候補解の生成による選択表の出力である。

【図71】本設計支援方式の運用形態を表す。

【符号の説明】

101…設計データ管理部、

102…属性値入力ガイド機能、

103…設計案表示手段、

104…設計対象モデル、

105…制約知識、

106…属性モデル、

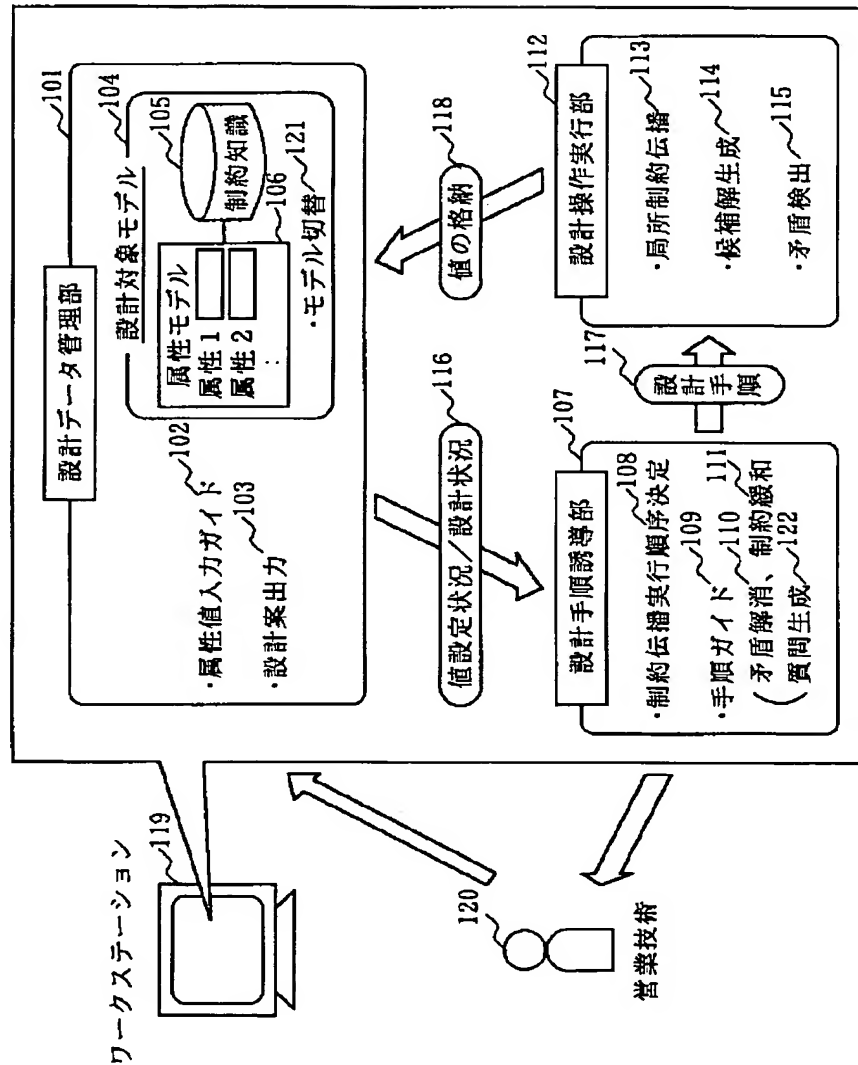
50

107…設計手順誘導部、
 108…制約伝播順序決定機能、
 109…手順ガイド機能、
 110…矛盾解消機能、
 111…制約緩和機能、
 112…設計操作実行部、
 113…局所制約伝播機能、
 114…候補解生成機能、
 115…矛盾検出機能、

* 115…矛盾検出機能、
 116…値の設定状況及び設計状況、
 117…設計手順、
 118…値の格納、
 119…ワークステーション、
 120…営業技術者、
 121…モデル切替機能、
 * 122…質問生成機能。

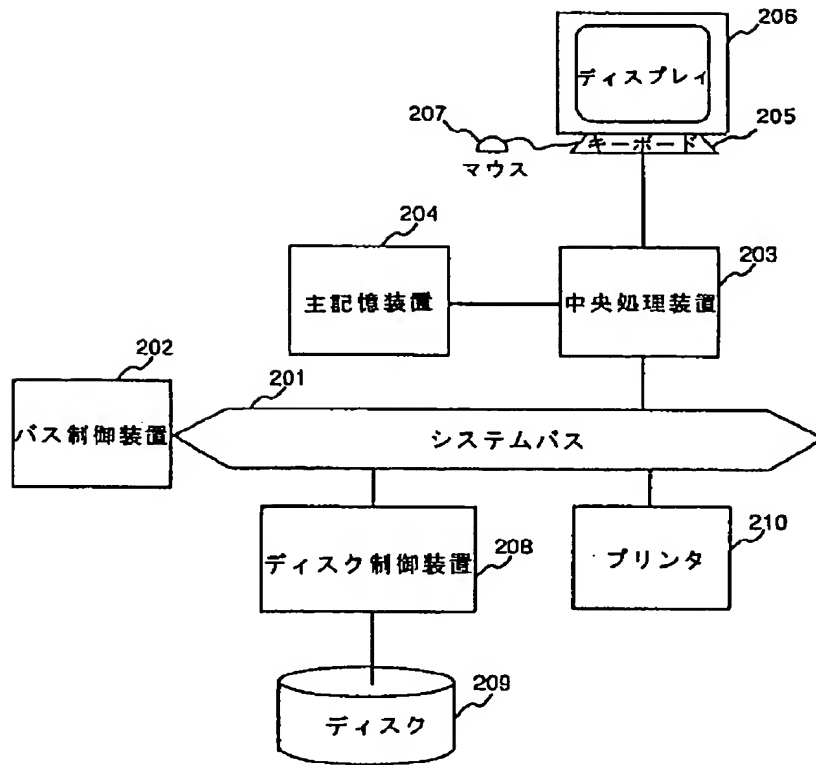
【図1】

図 1



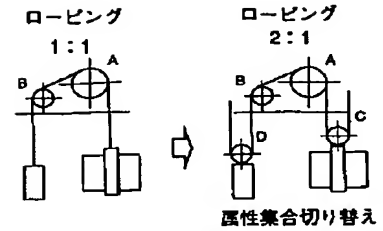
【図2】

図 2



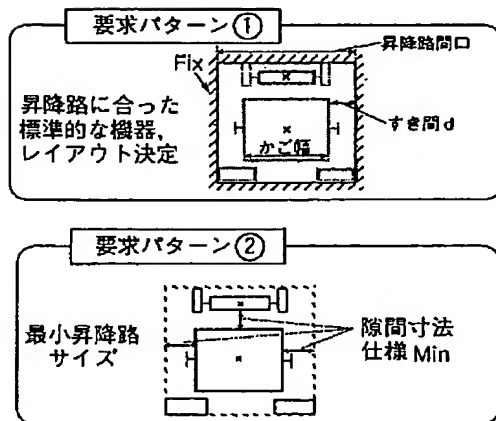
【図39】

図 39



【図15】

図 15



【図18】

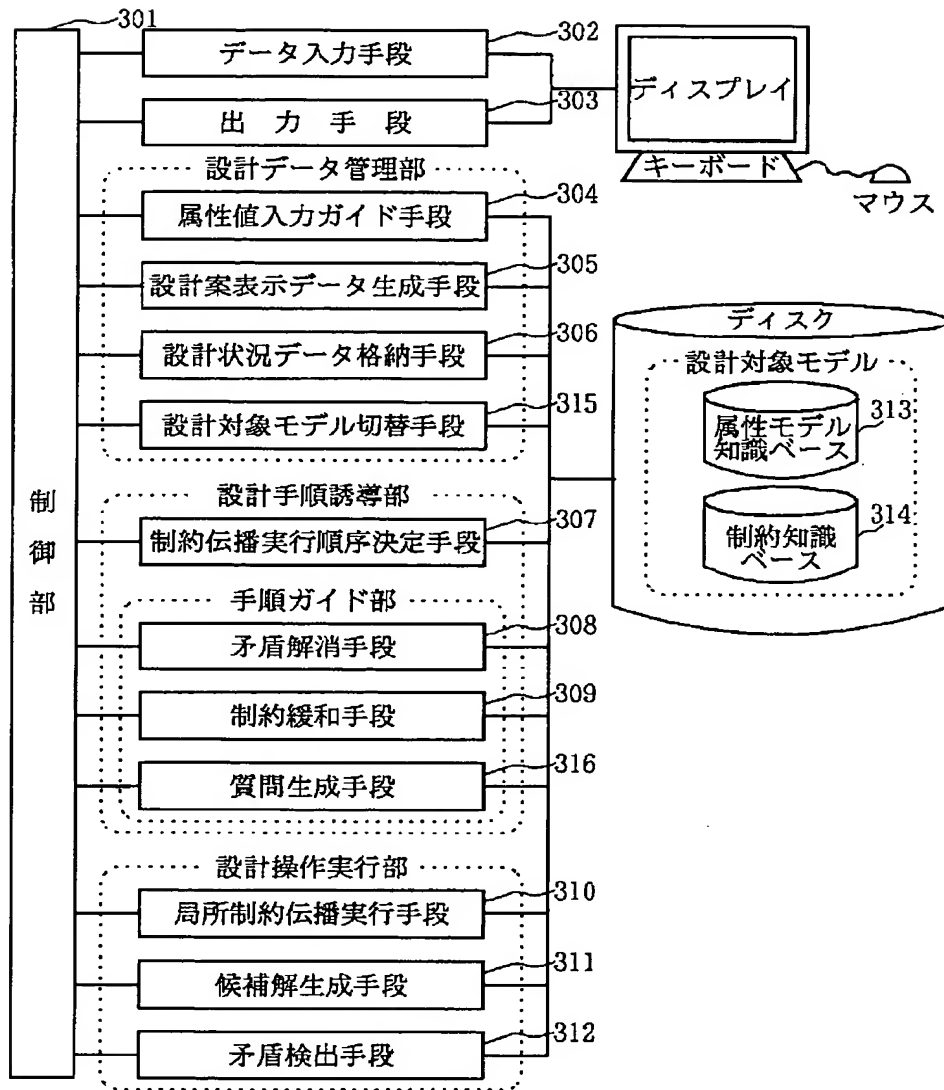
図 18

制約起動条件管理テーブル

制約コード	関連属性名称	形態	重要度
C 1	P1 P3 P4	テーブル	
C 2	P6 P5 P3	等式	
C 3	P6 P7	等式	
C 4	P6 P7	不等式	
C 5	P2 P7	テーブル	

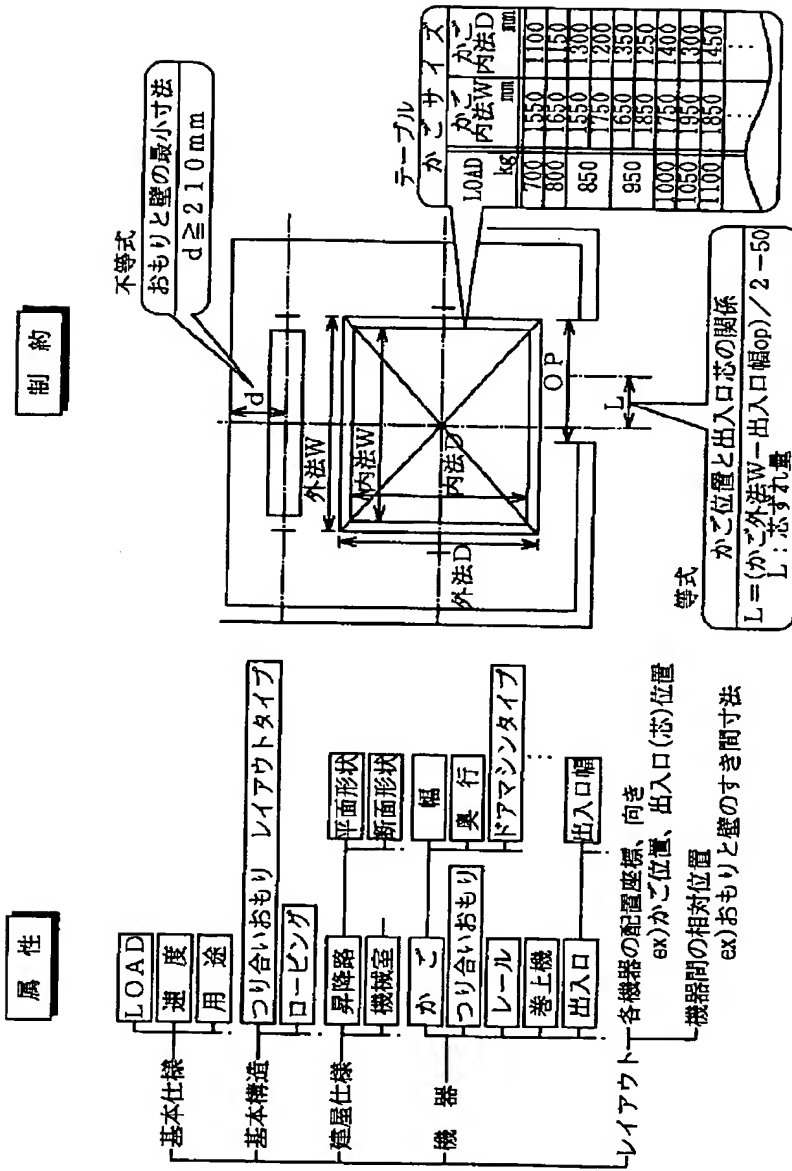
【図3】

図 3



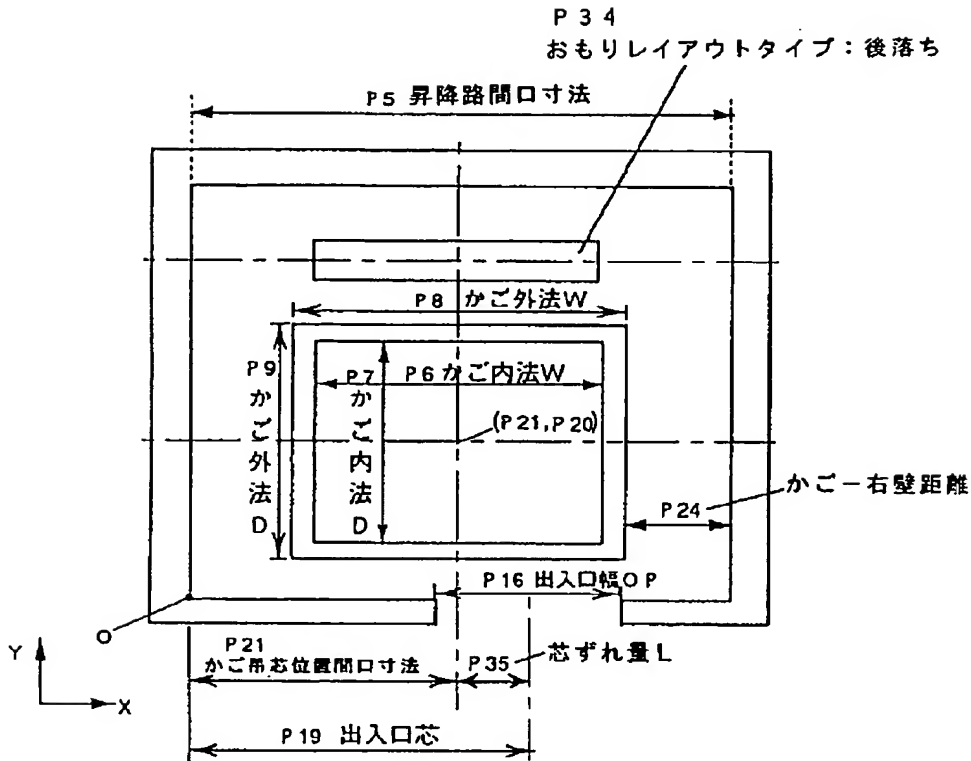
【図4】

図 4



【図5】

図 5



【図16】

属性コード	属性名	値 域	値	ロック/アンロック状態	設定状態	重み
P 1	LOAD	{700, 800, 850, 950, ...}		アンロック	未設定	
P 2	SPEED	160 以下		アンロック	未設定	
P 3	かご幅	{1550, 1650, 1750, ...}		アンロック	未設定	
P 4	かご奥行	{1100, 1150, 1200, ...}		アンロック	未設定	
P 5	昇降路間口寸法			アンロック	未設定	
P 6	すき間d			アンロック	未設定	
P 7	すき間d最小寸法			アンロック	未設定	

図
16

【図49】

図 49

制約名称	値確定に必要な変数	値が確定された変数
307	A, B	C

【図6】

図 6

属性コード	属性名	値域	値	ロック/アンロック	設定状態
:	:	:			
P 2	LOAD	{700, 800, 850, 950, ...}	850	アンロック	新規設定済
P 3	SPEED	160以下	150	アンロック	新規設定済
:	:	:			
P 5	昇降路開口寸法		3010	アンロック	新規設定済
P 6	かご内法W	{1550, 1650, 1750, ...}		アンロック	未設定
P 7	かご内法D	{1100, 1150, 1200, ...}		アンロック	未設定
P 8	かご外法W			アンロック	未設定
P 9	かご外法D			アンロック	未設定
P 10	非常止め仕様	{有, 無}	有	アンロック	新規設定済
:	:	:			
P 16	出入口幅OP		850	ロック	新規設定済
:	:	:			
P 19	出入口芯		2300	アンロック	新規設定済
:	:	:			
P 21	かご吊芯位置開口寸法			アンロック	未設定
:	:	:			
P 24	かご-右壁距離			アンロック	未設定
:	:	:			
P 27	かご-右壁間最小寸法			アンロック	未設定
:	:	:			
P 34	おもりレイトタイプ	{後落, 右落, 左落}	後落	アンロック	新規設定済
P 35	芯ずれ量L			アンロック	未設定
:	:	:			

【図20】

図 20

要求パターン コード	制 約 重 要 度					属 性 重 要 度						
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7
1	0.8	0.6	0.3	0.4	0.6	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.3	0.4
2	0.8	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.3	0.9	0.9

【図7】

図 7

制約実体

P2 LOAD	P6 かご内法W	P7 かご内法D
700	1550	1100
800	1650	1150
850	1550	1300
850	1750	1200
950	1650	1350
950	1850	1250
1000	1750	1400
1050	1950	1300
1100	1850	1450

かごサイズの決定

最小寸法の決定

P10 非常止め仕様	P3 SPEED	---	P27 かご-右壁距離最小寸法	---
有	110以下	---	210	---
	110以上160以下	---	220	---
無	110以下	---	230	---
	110以上160以下	---	240	---

$$\text{C5} \quad \boxed{\text{P8}} \quad \text{かご外法W} = \boxed{\text{P6}} \quad \text{かご内法W} + 50$$

かご外法Wの算出

$$\text{C6} \quad \boxed{\text{P9}} \quad \text{かご外法D} = \boxed{\text{P7}} \quad \text{かご内法D} + 200$$

かご外法Dの算出

出入口芯とかご吊芯の位置関係

$$\text{C12} \quad \boxed{\text{P21}} \quad \text{かご吊芯位置間口寸法} = \boxed{\text{P19}} \quad \text{出入口芯} - \boxed{\text{P35}} \quad \text{芯ずれ量L}$$

かご-右壁距離の算出

$$\text{C13} \quad \boxed{\text{P27}} \quad \text{かご-右壁距離} = \boxed{\text{P5}} \quad \text{昇降路間口寸法} - \boxed{\text{P21}} \quad \text{かご吊芯位置間口寸法} - \frac{1}{2} \boxed{\text{P8}} \quad \text{かご外法W}$$

$$\text{C17} \quad \boxed{\text{P35}} \quad \text{芯ずれ量L} = \frac{1}{2} \left(\boxed{\text{P8}} \quad \text{かご外法W} - \boxed{\text{P16}} \quad \text{出入口幅OP} \right) - 50$$

芯ずれ量の算出

かご-右壁距離の最小寸法チェック

$$\text{CC1} \quad \boxed{\text{P24}} \quad \text{かご-右壁距離} \geq \boxed{\text{P27}} \quad \text{かご-右壁距離最小寸法}$$

【図50】

図 50

制約切り替えの条件だった変数	内容が切り替わった制約
X	307

【図8】

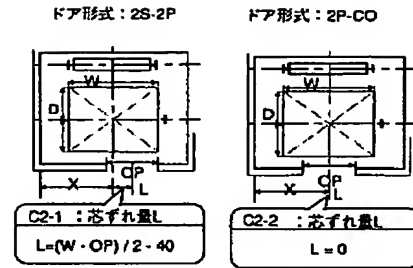
図 8

制約起動条件管理テーブル

コード	関連属性				形態
C1	P2	P6	P7		テーブル
!					
C4	P3	P10	P27		テーブル
C5	P7	P9			等式
C6	P6	P8			等式
!					
C12	P19	P21	P35		等式
!					
C13	P5	P8	P21	P24	等式
!					
C17	P8	P16	P35		等式
!					
CC1	P24	P27			不等式
!					

【図40】

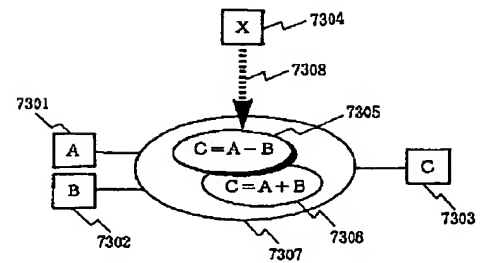
図 40



制約集合切り替え

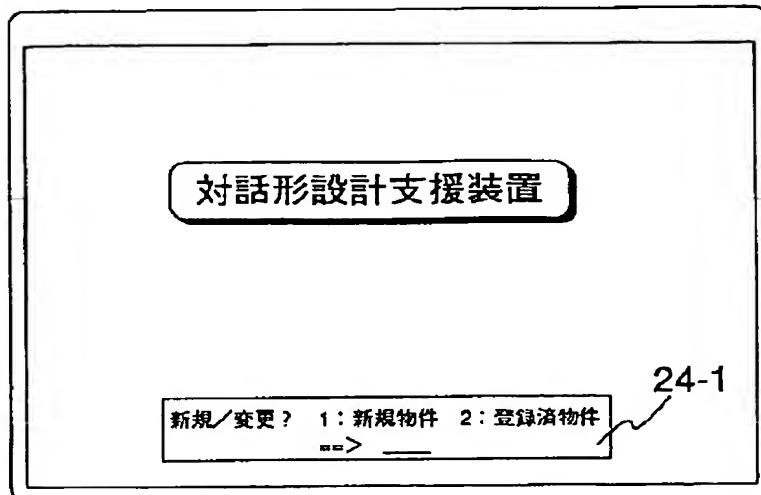
【図48】

図 48



【図24】

図 24



【図9】

図 9

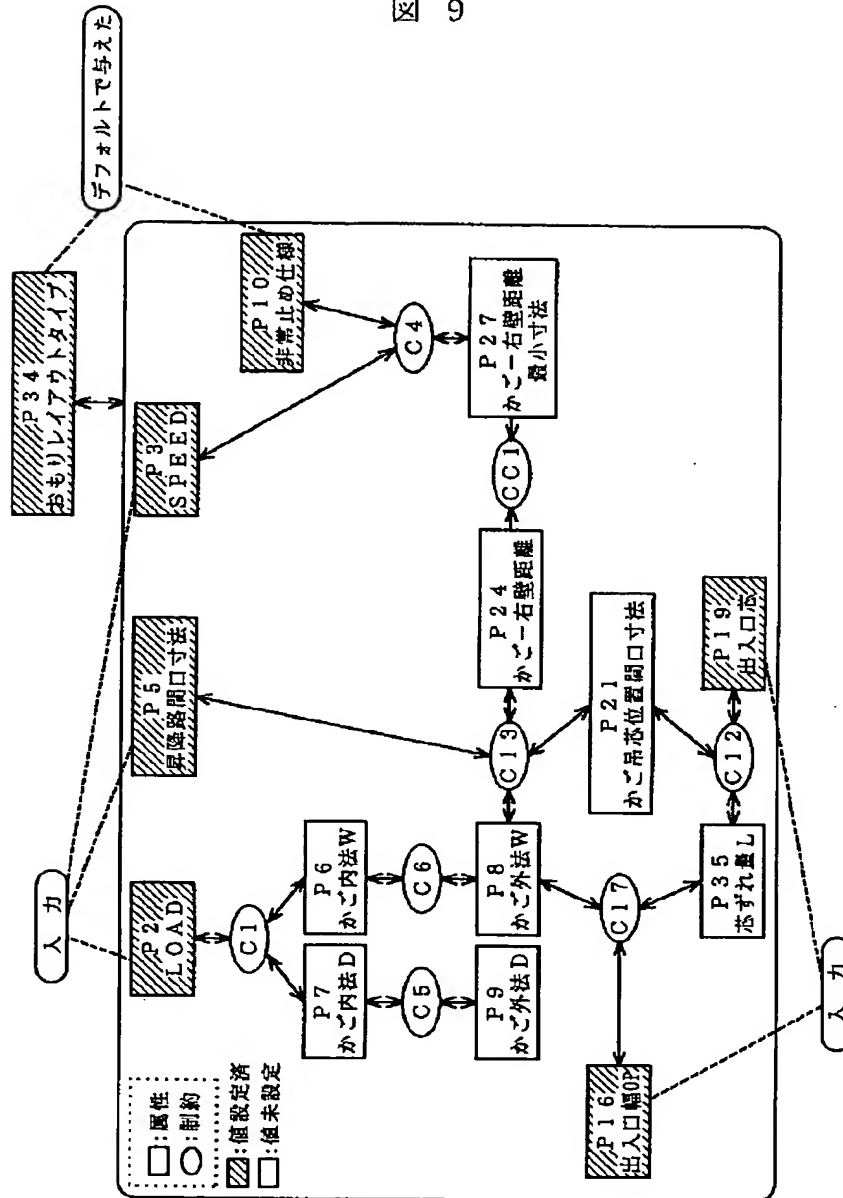
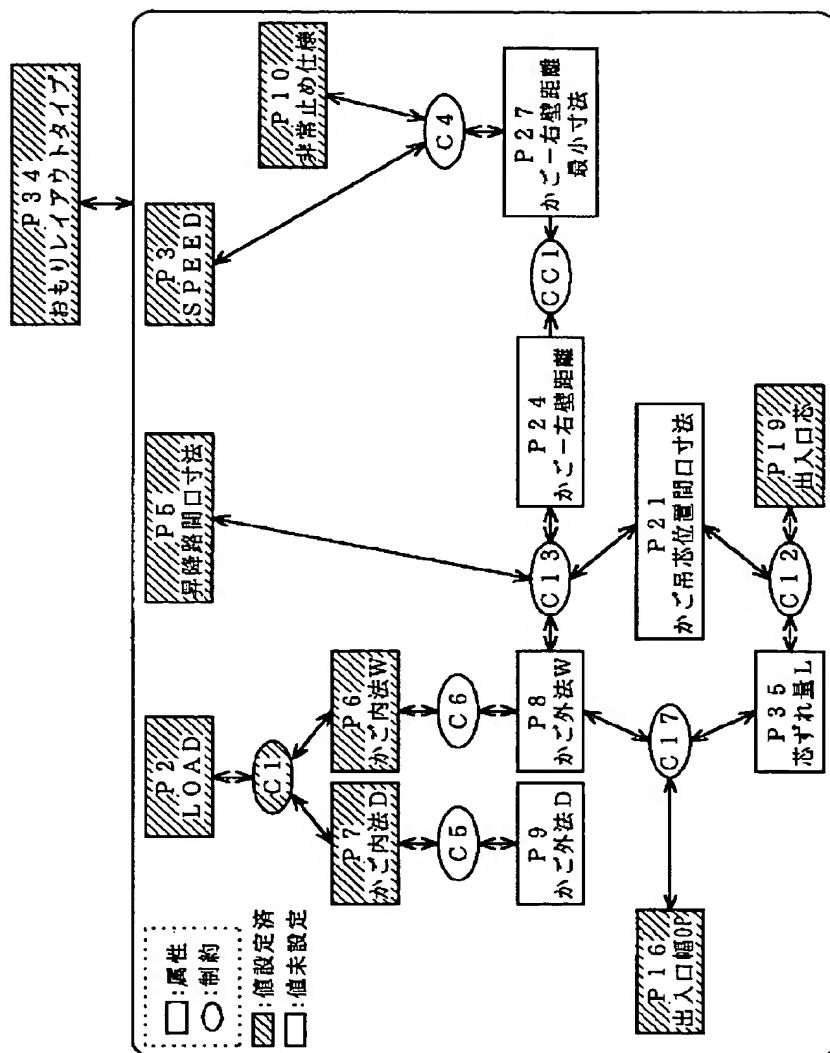


图 10



【図11】

図 11

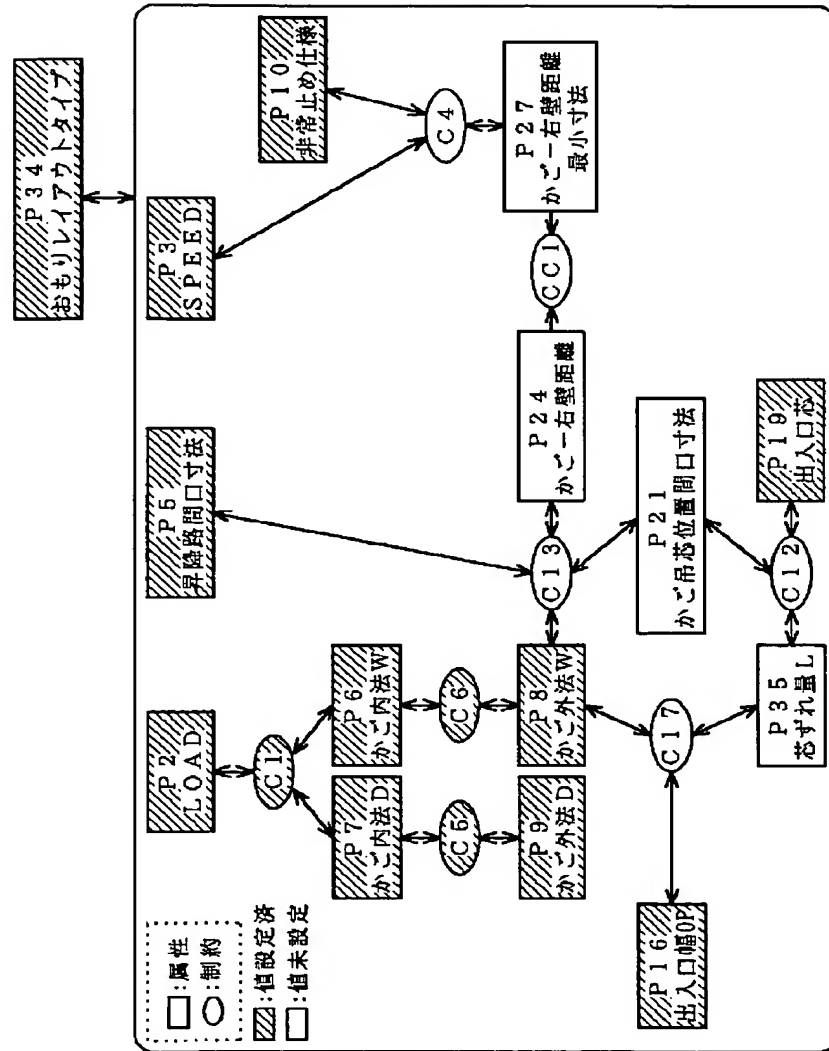
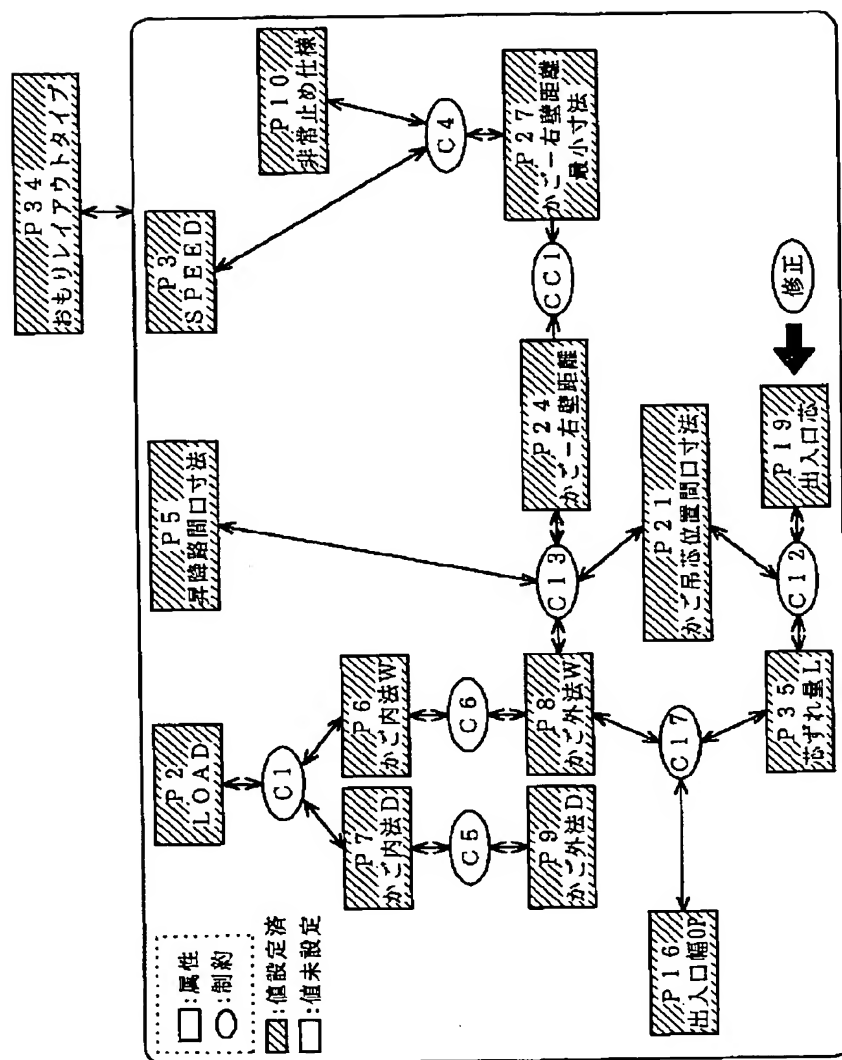
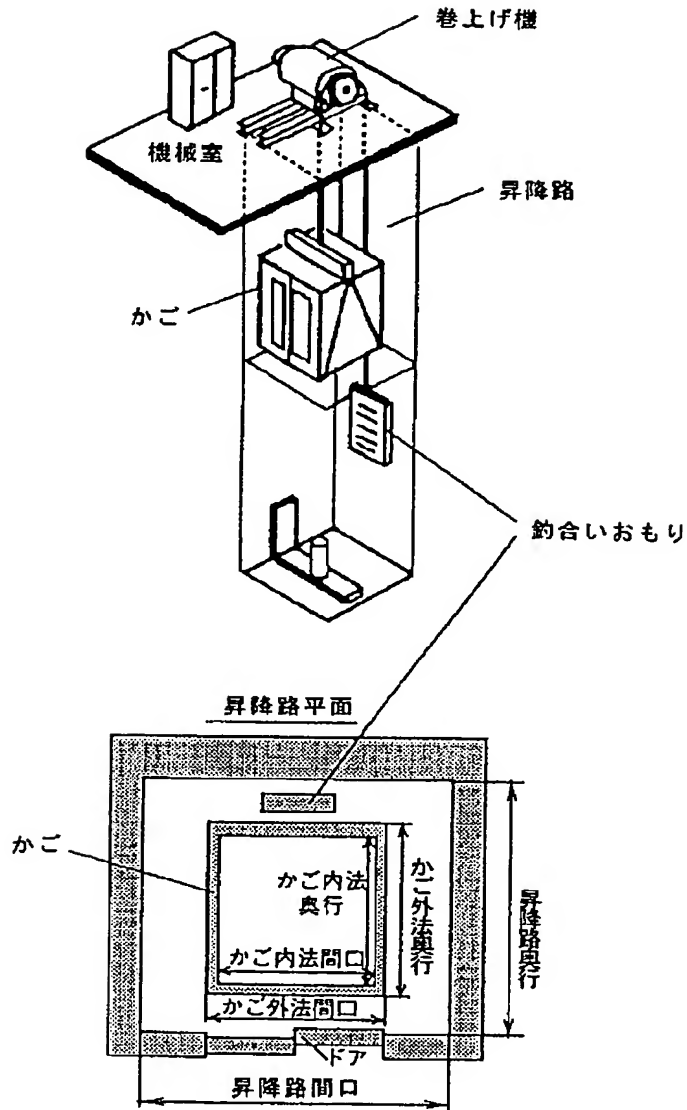


図 12



【図13】

図 13



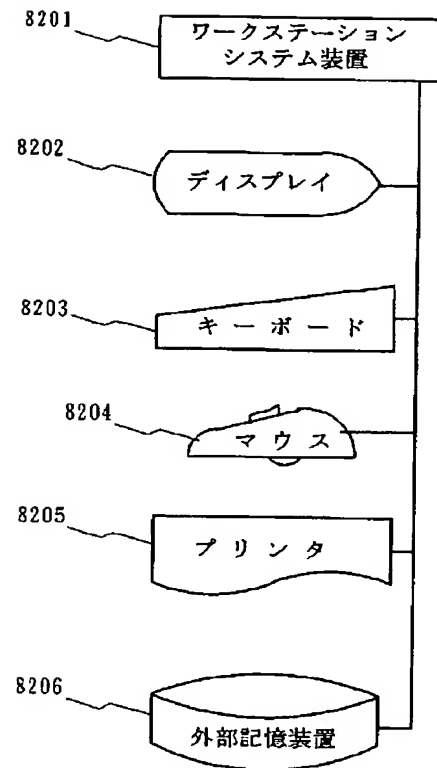
【図53】

図 53

制約切り替えに必要な変数	内容が切り替わった制約
P 6	C 4

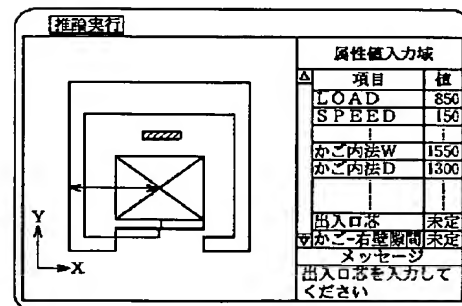
【図55】

図 55



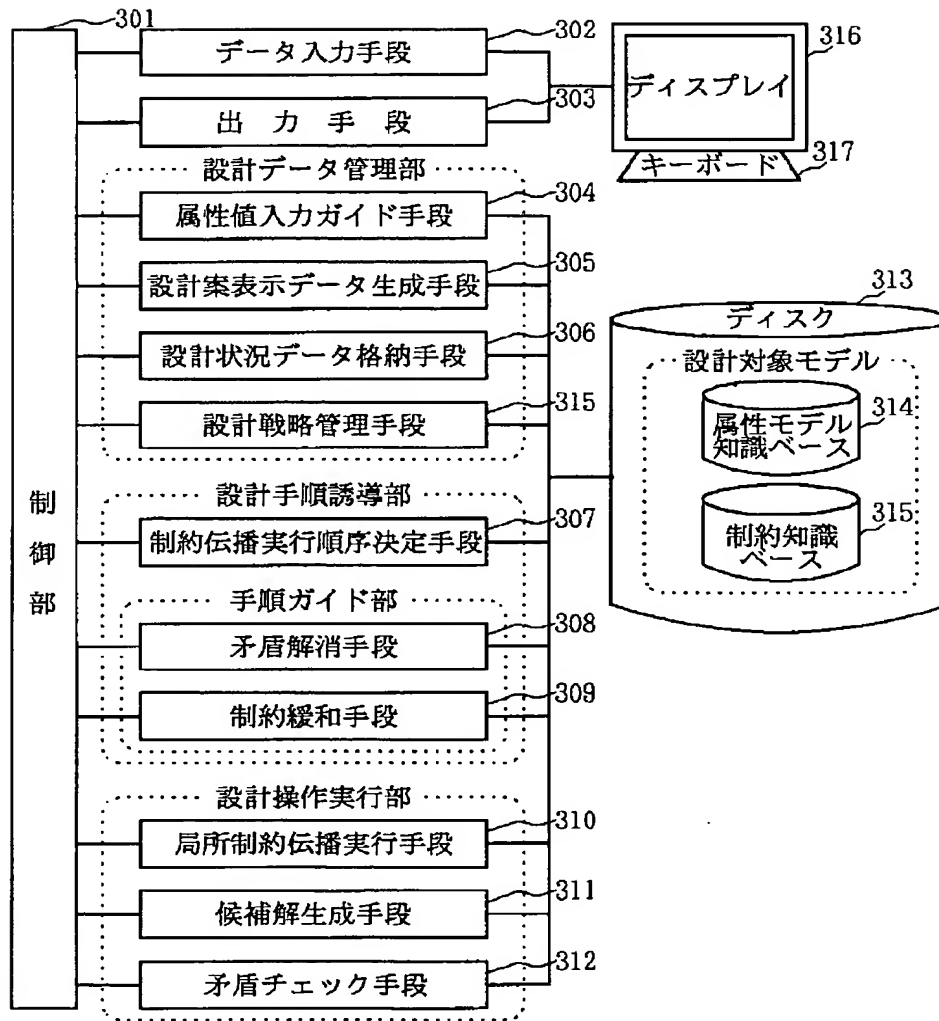
【図59】

図 59



【図14】

図 14



【図17】

図 17

P 1 L O A D	P 1 かご幅	P 1 かご奥行
7 0 0	1 5 5 0	1 1 0 0
8 0 0	1 6 5 0	1 1 5 0
8 5 0	1 5 5 0	1 3 0 0
8 5 0	1 7 5 0	1 2 0 0
9 5 0	1 6 5 0	1 3 5 0
9 5 0	1 8 5 0	1 2 5 0
1 0 0 0	1 7 5 0	1 4 0 0
1 0 5 0	1 9 5 0	1 3 0 0
1 1 0 0	1 8 5 0	1 4 5 0

C 1

C 2

$$\boxed{\begin{array}{c} P 6 \\ \text{すき間 } d \end{array}} = \frac{1}{2} \left(\boxed{\begin{array}{c} P 5 \\ \text{昇降路開口寸法} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} P 3 \\ \text{かご幅} \end{array}} \right)$$

C 3

$$\boxed{\begin{array}{c} P 6 \\ \text{すき間 } d \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} P 7 \\ \text{すき間 } d \text{ 最小寸法} \end{array}}$$

C 4

$$\boxed{\begin{array}{c} P 6 \\ \text{すき間 } d \end{array}} \geq \boxed{\begin{array}{c} P 7 \\ \text{すき間 } d \text{ 最小寸法} \end{array}}$$

C 5

P 2 S P E E D	...	P 7 すき間 d 最小寸法	...
110以下	...	210	...
110以上160以下	...	220	...
110以下	...	230	
110以上160以下	...	240	

【図19】

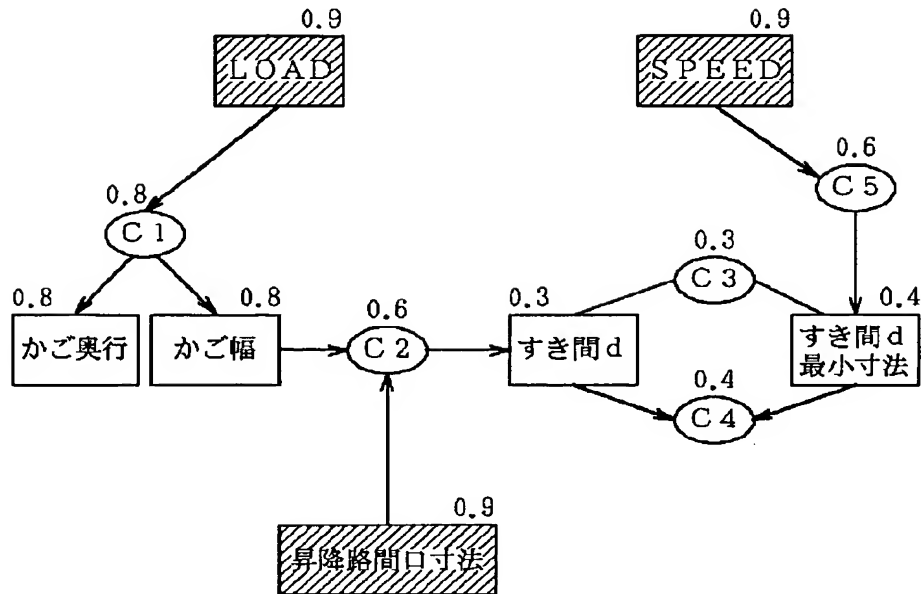
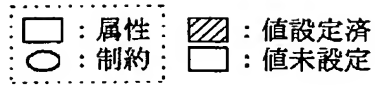
図 19

制 約 実 体

制約コード	実 体																														
C 1	<table><tr><th>P 1 LOAD</th><th>P 1 かご幅</th><th>P 1 かご奥行</th></tr><tr><td>7 0 0</td><td>1 5 5 0</td><td>1 1 0 0</td></tr><tr><td>8 0 0</td><td>1 6 5 0</td><td>1 1 5 0</td></tr><tr><td>8 5 0</td><td>1 5 5 0</td><td>1 3 0 0</td></tr><tr><td>8 5 0</td><td>1 7 5 0</td><td>1 2 0 0</td></tr><tr><td>9 5 0</td><td>1 6 5 0</td><td>1 3 5 0</td></tr><tr><td>9 5 0</td><td>1 8 5 0</td><td>1 2 5 0</td></tr><tr><td>1 0 0 0</td><td>1 7 5 0</td><td>1 4 0 0</td></tr><tr><td>1 0 5 0</td><td>1 9 5 0</td><td>1 3 0 0</td></tr><tr><td>1 1 0 0</td><td>1 8 5 0</td><td>1 4 5 0</td></tr></table>	P 1 LOAD	P 1 かご幅	P 1 かご奥行	7 0 0	1 5 5 0	1 1 0 0	8 0 0	1 6 5 0	1 1 5 0	8 5 0	1 5 5 0	1 3 0 0	8 5 0	1 7 5 0	1 2 0 0	9 5 0	1 6 5 0	1 3 5 0	9 5 0	1 8 5 0	1 2 5 0	1 0 0 0	1 7 5 0	1 4 0 0	1 0 5 0	1 9 5 0	1 3 0 0	1 1 0 0	1 8 5 0	1 4 5 0
P 1 LOAD	P 1 かご幅	P 1 かご奥行																													
7 0 0	1 5 5 0	1 1 0 0																													
8 0 0	1 6 5 0	1 1 5 0																													
8 5 0	1 5 5 0	1 3 0 0																													
8 5 0	1 7 5 0	1 2 0 0																													
9 5 0	1 6 5 0	1 3 5 0																													
9 5 0	1 8 5 0	1 2 5 0																													
1 0 0 0	1 7 5 0	1 4 0 0																													
1 0 5 0	1 9 5 0	1 3 0 0																													
1 1 0 0	1 8 5 0	1 4 5 0																													
C 2	$\boxed{\begin{array}{c} P 6 \\ \text{すき間 } d \end{array}} = \frac{1}{2} \left(\boxed{\begin{array}{c} P 5 \\ \text{昇降間口幅} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} P 3 \\ \text{かご幅} \end{array}} \right)$																														
C 3	$\boxed{\begin{array}{c} P 6 \\ \text{すき間 } d \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} P 7 \\ \text{すき間 } d \text{ 最小値} \end{array}}$																														
C 4	$\boxed{\begin{array}{c} P 6 \\ \text{すき間 } d \end{array}} \geq \boxed{\begin{array}{c} P 7 \\ \text{すき間 } d \text{ 最小値} \end{array}}$																														
C 5	<table><tr><th>P 2 S P E E D</th><th>...</th><th>P 7 すき間 d 最小値</th><th>...</th></tr><tr><td>110以下</td><td>...</td><td>210</td><td>...</td></tr><tr><td>110以上160以下</td><td>...</td><td>220</td><td>...</td></tr><tr><td>110以下</td><td>...</td><td>230</td><td></td></tr><tr><td>110以上160以下</td><td>...</td><td>240</td><td></td></tr></table>	P 2 S P E E D	...	P 7 すき間 d 最小値	...	110以下	...	210	...	110以上160以下	...	220	...	110以下	...	230		110以上160以下	...	240											
P 2 S P E E D	...	P 7 すき間 d 最小値	...																												
110以下	...	210	...																												
110以上160以下	...	220	...																												
110以下	...	230																													
110以上160以下	...	240																													

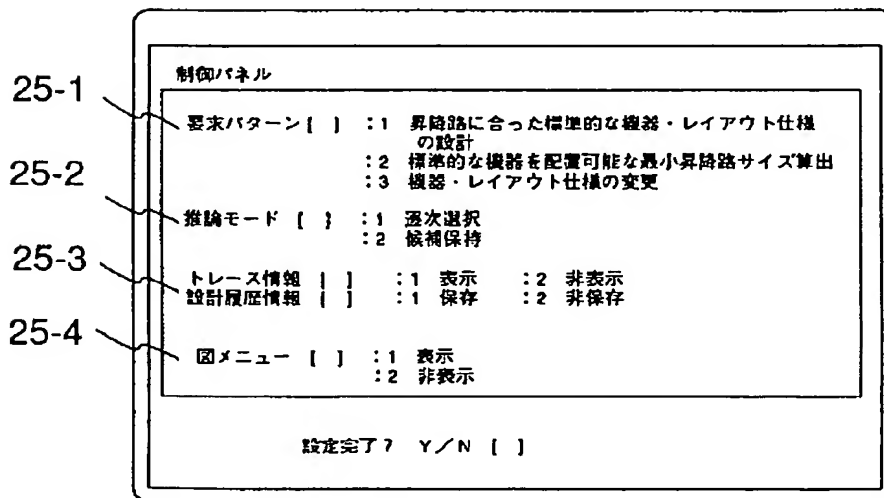
【図21】

図 21



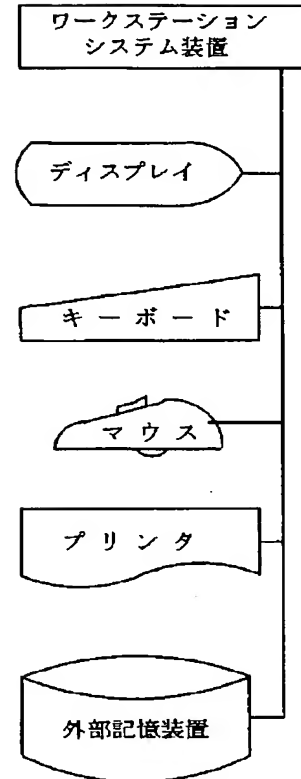
【図25】

図 25



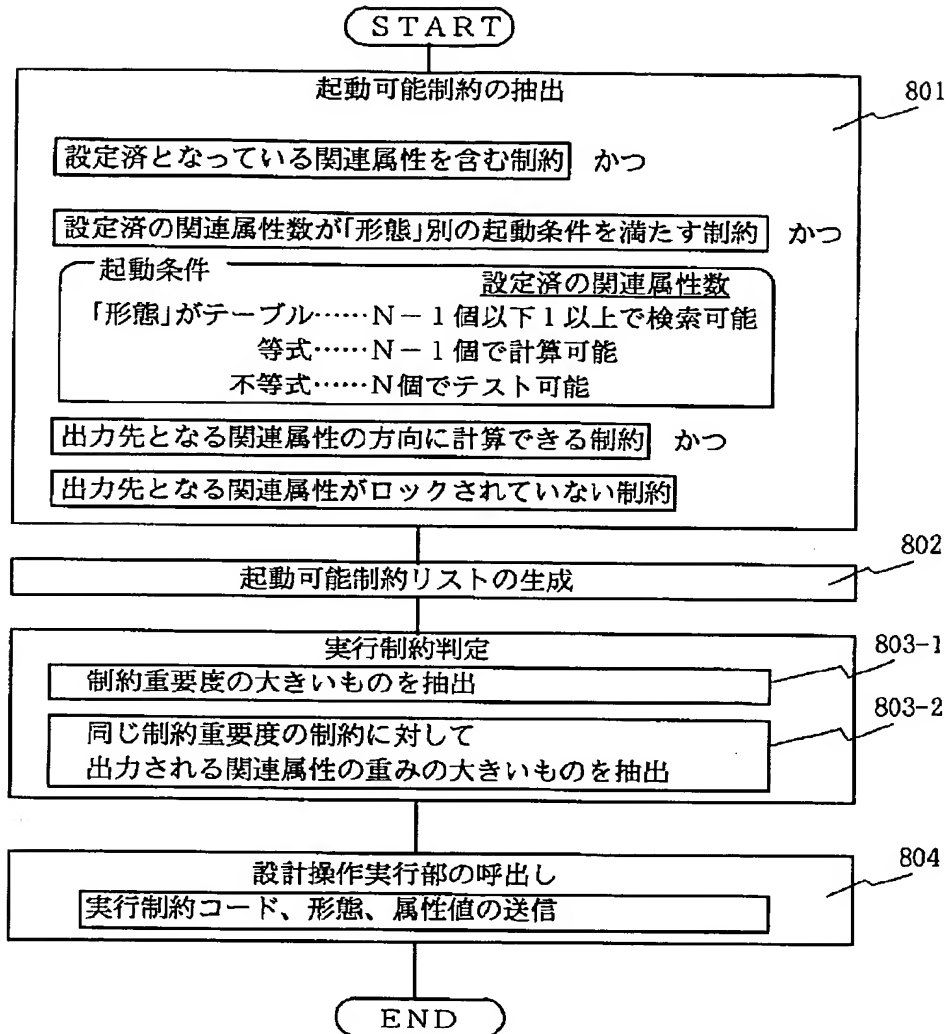
【図62】

図 62



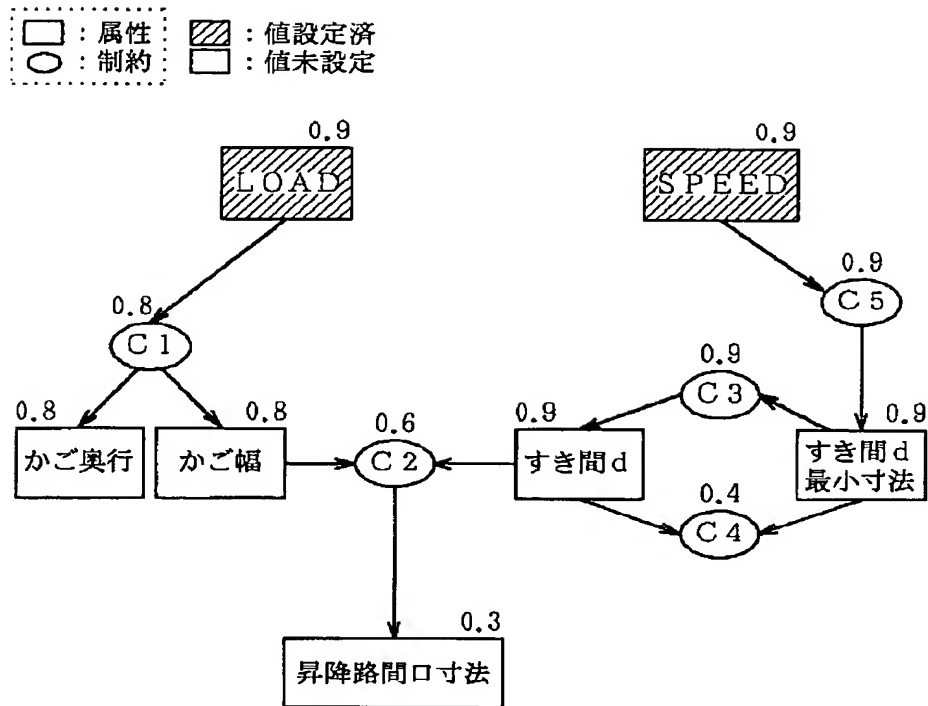
【図22】

図 22



【図23】

図 23



【図28】

図 28

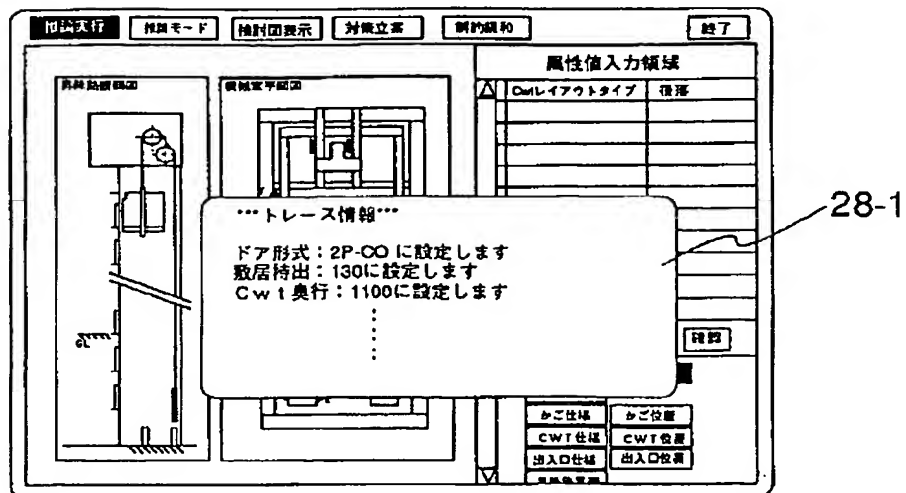


图 26

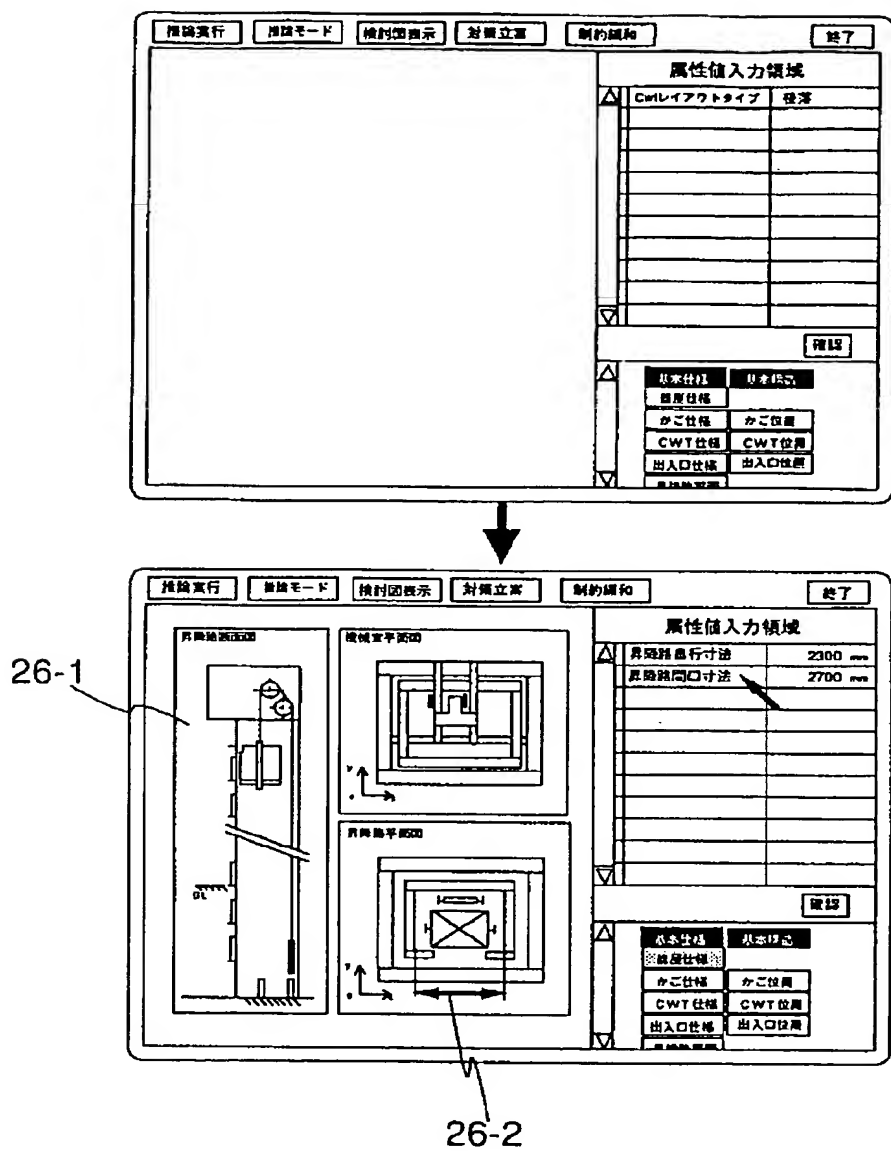
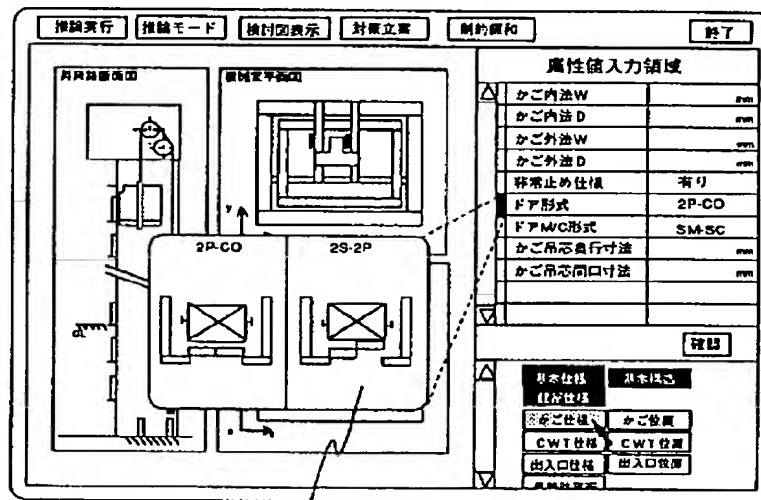


图 27



27-6

【図29】

図 29

仕様実行 仕様モード 検討図表示 対置立高 制約緩和 終了

属性値入力領域

かご内法W	かご内法D
1400	1950
1500	1800
1600	1650
1700	1550
1800	1500

ドア形式: 2
最居持出: 130に設定します
CWT奥行: 1100に設定します

確認

29-1

【図32】

図 32

仕様実行 仕様モード 検討図表示 対置立高 制約緩和 終了

属性値入力領域

かご内法W	1800	mm
かご内法D	1500	mm
かご外法W	1870	mm
	1930	mm
	有り	
	2F-CO	
	SM-SC	
	845	mm
	925	mm

1. CWTレイアウトを後落ちから左落ちに変更する
2. かご内法奥行を小さくする

確認

32-1

【図30】

図 30

制約伝播失敗

入力属性に従って仕様を算出すると制約"巻上機形式決定"で矛盾が発生します

属性値入力領域

かご内法W	1800 mm
かご内法D	1500 mm
かご外法W	1870 mm
かご外法D	1690 mm
非常止め仕様	有り
ドア形式	2P-CO
ドアMC形式	SM-SC
かご吊芯奥行寸法	845 mm
かご吊芯開口寸法	835 mm

30-1



属性値入力領域

かご内法W	mm
かご内法D	mm
かご外法W	mm
かご外法D	mm
非常止め仕様	有り
ドア形式	2P-CO
ドアMC形式	SM-SC
かご吊芯奥行寸法	mm
かご吊芯開口寸法	mm

【図52】

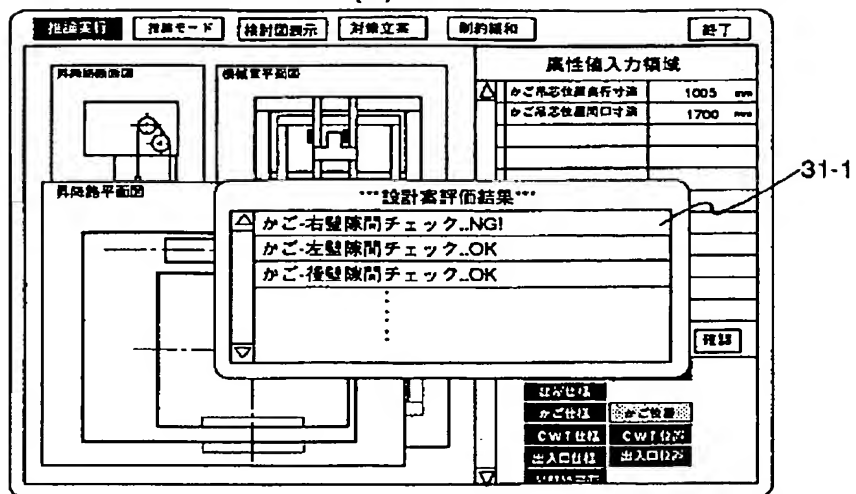
図 52

制約名称	値確定に必要な変数	値が確定された変数
C 1	P 1	P 4, P 5
C 2	P 2, P 3	P 6
C 3	P 5	P 8
C 4	P 5, P 7	P 9
C 5	P 9	P 10

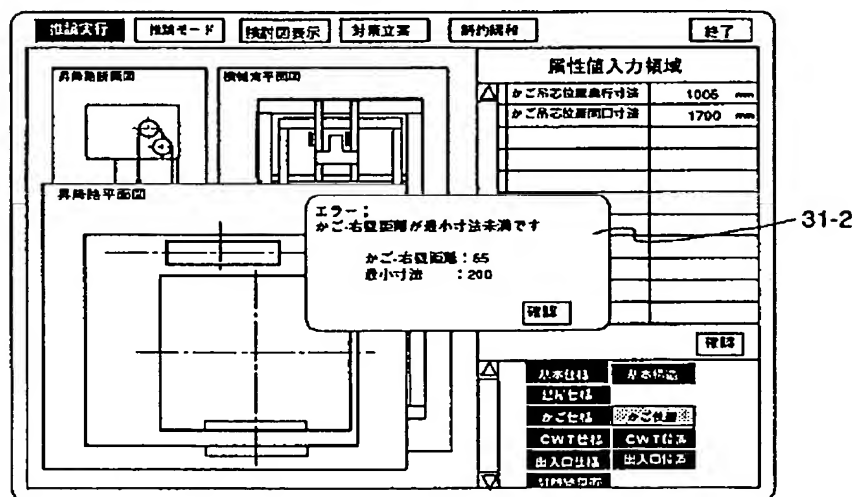
【図31】

図 31

(a)



(b)



【図33】

図 33

図 33 is a screenshot of a software interface for setting constraints. The interface has a top menu bar with the following items: 推奨実行, 推奨モード, 検討図表示, 対象立案, 制約値和, and 終了. The main area is divided into three sections: 昇降路断面図 (Elevator shaft cross-section diagram), 機械室平面図 (Machine room plan view), and 属性値入力領域 (Attribute value input field). The 属性値入力領域 section contains a table for setting constraints. The table has columns for 制約名称 (Constraint name), 距離 (Distance), and 緩和率 (Relaxation rate). The table is divided into two parts: 1 and 2. The 1 part has columns for 1, 2, 3, and 4. The 2 part has columns for 1, 2, 3, and 4. The table contains the following data:

制約名称	距離	緩和率
かご内法決定 (2P-CO) 7時	1	2
かご内法決定 (2S-2P) 7時	1	2

The 属性値入力領域 section also includes a '完了' (End) button and a '確認' (Confirm) button. A label '33-1' points to the table.

【図35】

図 35

図 35 is a screenshot of a software interface for setting constraints. The interface has a top menu bar with the following items: 推奨実行, 推奨モード, 検討図表示, 対象立案, 制約値和, and 終了. The main area is divided into three sections: 昇降路断面図 (Elevator shaft cross-section diagram), 機械室平面図 (Machine room plan view), and 属性値入力領域 (Attribute value input field). The 属性値入力領域 section contains a table for setting constraints. The table has columns for 制約名称 (Constraint name), 距離 (Distance), and 緩和率 (Relaxation rate). The table is divided into two parts: 1 and 2. The 1 part has columns for 1, 2, 3, and 4. The 2 part has columns for 1, 2, 3, and 4. The table contains the following data:

制約名称	距離	緩和率
かご内法W	1800	mm
かご内法D	1500	mm
かご外法W	1870	mm
かご外法D	1890	mm
非常止め仕様	有り	
ドア形式	2P-CO	
ドアMC形式	SM-SC	
かご吊芯奥行寸法	845	mm
かご吊芯開口寸法	935	mm

The 属性値入力領域 section also includes a '実行' (Execute) button and a '確認' (Confirm) button. A label '34-1' points to the table.

【図34】

図 34

図 34 (上) の画面構成:

- メニュー: 仕様実行, 仕様モード, 仕様図表示, 仕様立書, 制約緩和, 終了
- 左側: 仕様図表示領域 (縦断面図, 平面図, 断面図)
- 右側: 属性値入力領域

かご内法W	1800	mm
かご内法D	1500	mm
かご外法W	1870	mm
かご外法D	1680	mm
非常止め仕様	有り	
ドア形式	2P-CO	
ドアMC形式	SM-SC	
かご吊芯奥行寸法	845	mm
かご吊芯開口寸法	935	mm



図 34 (下) の画面構成 (エラーメッセージ表示時):

- メニュー: 仕様実行, 仕様モード, 仕様図表示, 仕様立書, 制約緩和, 終了
- 左側: 仕様図表示領域 (縦断面図, 平面図, 断面図)
- 右側: 属性値入力領域

かご内法W	1800	mm
かご内法D	1500	mm
かご外法W	1870	mm
かご外法D	1680	mm
非常止め仕様	有り	
ドア形式	2P-CO	
ドアMC形式	SM-SC	
かご吊芯奥行寸法	845	mm
かご吊芯開口寸法	935	mm
- 中央: エラーメッセージダイアログ

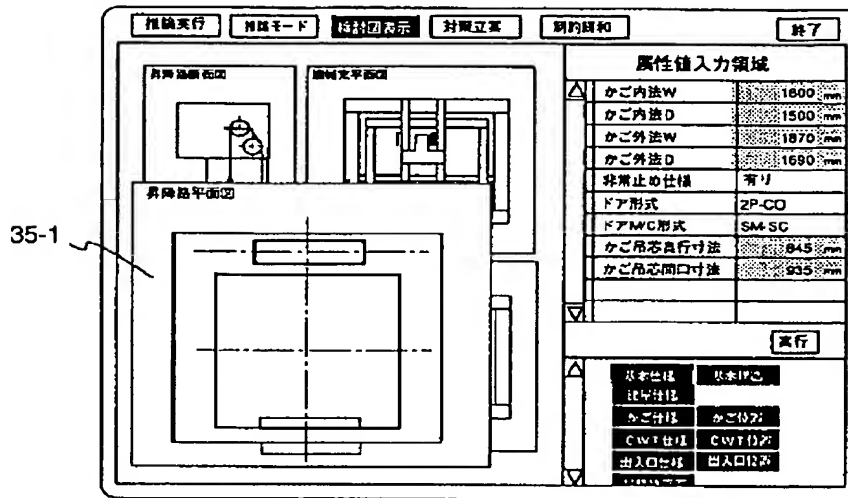
設定可能な属性項目がありません。
属性"天井意匠"を入力して下さい。

次候補 確認

33-1

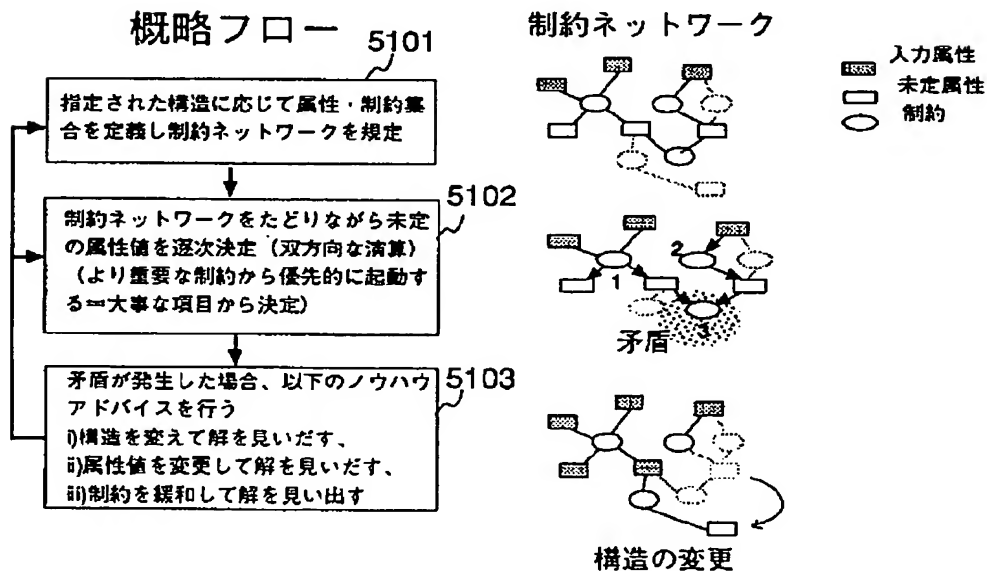
【図36】

図 36



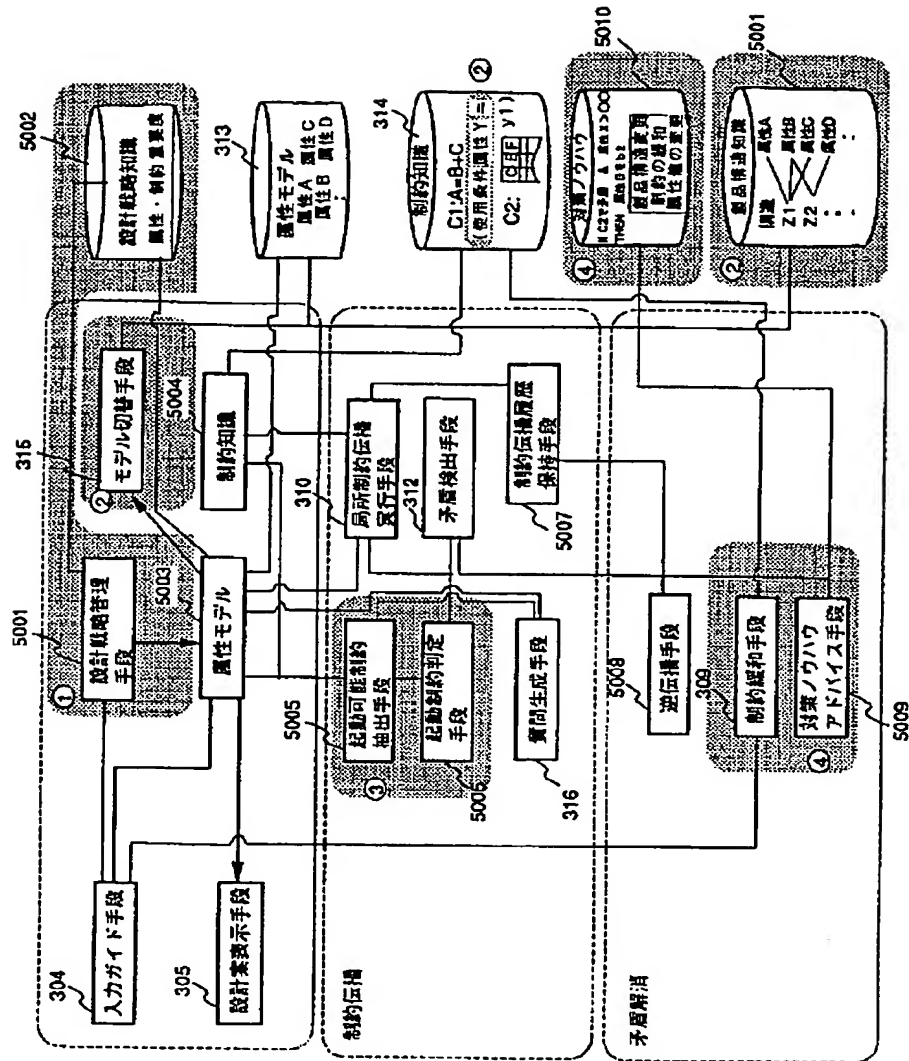
【図38】

図 38



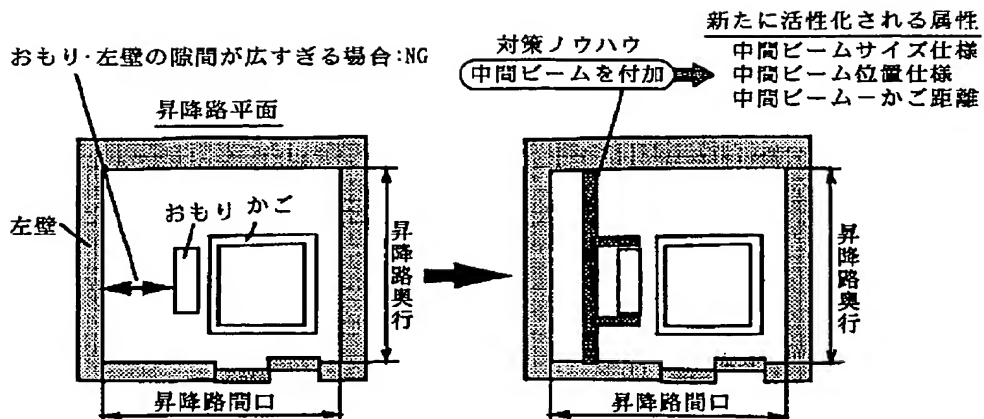
【図37】

図 37



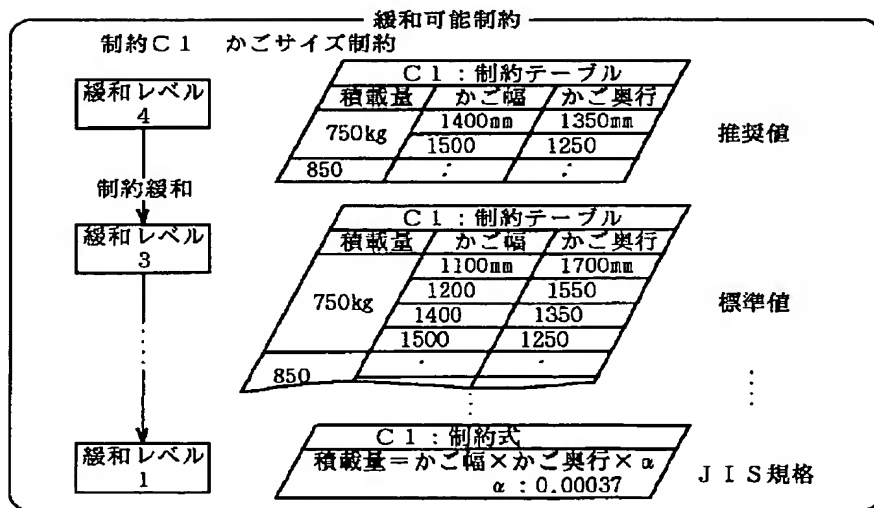
【図41】

図 41



【図42】

図 42



【図43】

図 43

名称	[かも幅]
単位	[mm]
型	[発動 実数、文字]
値域	[1050,1100,1200,1300,...]
デフォルト	[1100]
分類	[基本仕様、基本構造、 <u>搬送仕様</u> 建屋仕様、レイアウト仕様、隔間仕様]
活性化条件	属性名称 値 [] [] []
重み	[0.7] 0.0<重み≤1.00 (要求パターン毎)

分類：
1) 基本仕様：顧客の機能的要求の概要
2) 基本構造：顧客の構造的要求の概要。この属性の値により製品モデルのデータ構造自体が大きく変化する。
3) 建屋仕様：昇降路、機械室、ピット等の建屋形状
4) 機器仕様：エレベータを構成する各機器の寸法や形式といった仕様を定義する属性
5) レイアウト仕様：各機器の配置座標、向き等を定義する属性
6) 隔間仕様：機器間の距離（隔間）。レイアウトの良否を判定するための内部保持属性

重み設定の目安（例）：
基本仕様：0.9 建屋仕様：0.9
基本構造：0.8 レイアウト仕様：0.6
機器仕様：0.7 隔間仕様：0.5

【圖 44】

图 44

制約名称	【かごサイズ決定】	C 1
形 態	【テーブル】 不等式入テーブル 等式 不等式 設計計算】	
用 途	【機器仕様選定】 レイアウト決定 評価 デフォルト設定】	
起動方向性	【 有り (無し) 】 出力のみ属性【 】【 】【 】…	
活性化条件	属性名称 値 【ドア形式】 【2P-CO】 【 用 途 】 【 人荷用 】	
緩和可否	【 (可) 否 】	
緩和レベル数	【 4 】	
重要度	【 0.8 】 (要求パターン毎) 0.0 < 重み ≤ 1.00	

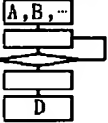
C 1 緩和とレベル 4

積載量	幅 W mm	奥行 D mm
600	1400	1100
	1500	1050
750	1400	1350
	1500	1250
		1450

…
緩和レベル 3
…
緩和レベル 2
…

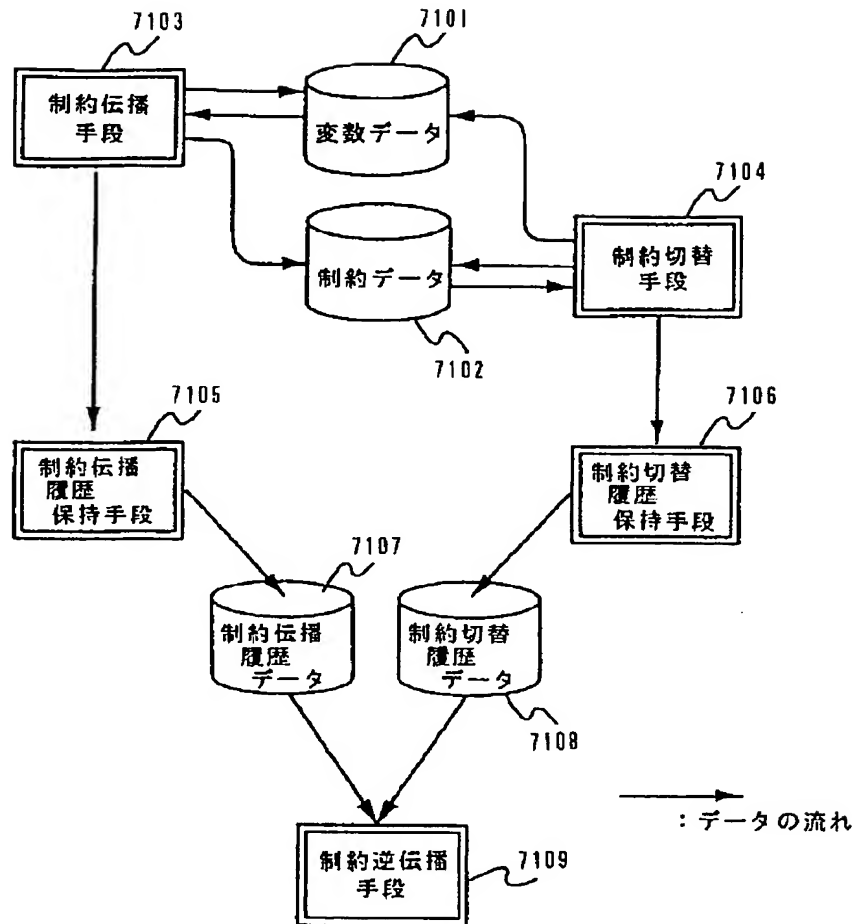
【図45】

图 45

形 態		テーブル			テーブル (不等式入り)		等式		不等式		設計計算	
		A	B	C	A	B	$A=B+C \times D + \dots$	$A \geq B$				
		a1	b1	c1	$a1 < A \leq a2$	b1						
		a1	b1	c2	$a2 < A \leq a3$	b1						
		a1	b2	c3	$a3 < A \leq a4$	b2						
			c4		b3							
起動方向性		無／有		有		無／有		無		有		
用途別起動形態	起動形態		セッ	テッ	セッ	テッ	セッ	テッ	セッ	テッ	セッ	テッ
	機器仕様選定 レイアウト		○	○	○	○	○	○			○	○
	評 価			○		○		○		○		○
	デフォルト 設		○		○		○				○	

【図46】

図 46



【図58】

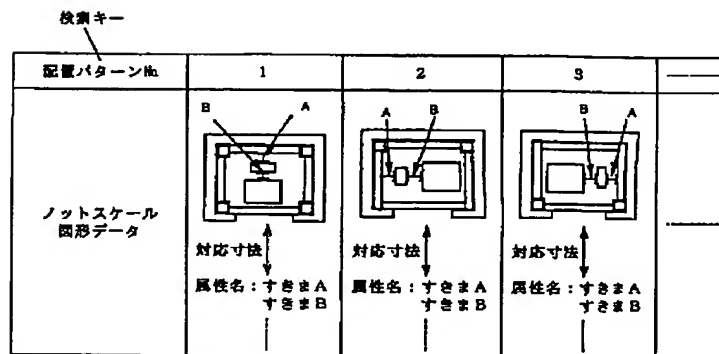
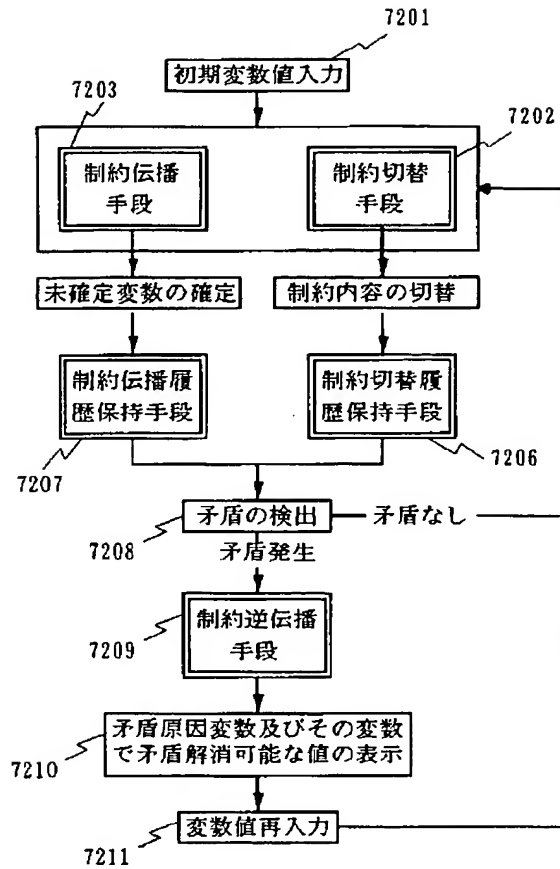


図 58

【図47】

図 47



【図66】

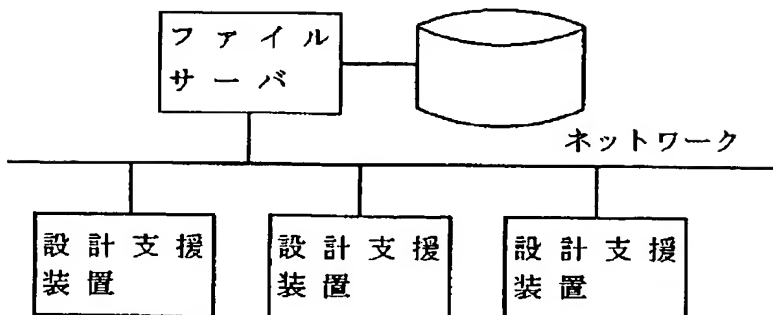
図 66

1450	950	1000	1050	1100	1150
1400	900	950	1000	1050	1100
1350	900	950	1000	1050	1100
1300	850	900	950	1000	1050
1250	800	850	900	950	1000
1200	750	800	850	900	950
1150	750	800	850	900	950
1100	750	750	800	850	900
1050 (mm)	700 (kg)	750	800	850	900
最大内径 寸法	1550 (mm)	1650	1750	1850	1950

■ : 標準制約 □ : 非標準制約

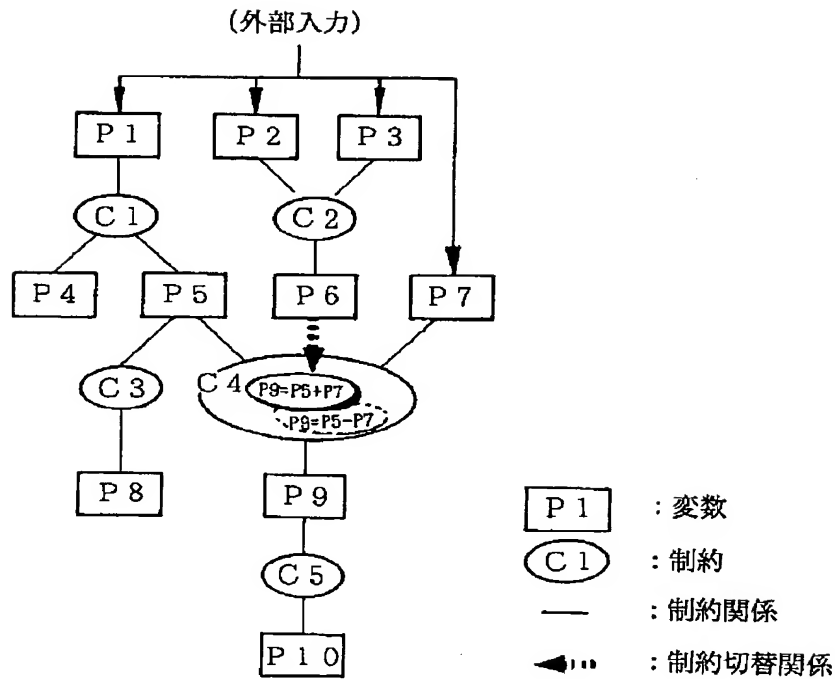
【図60】

図 60



【図51】

図 51



【図65】

図 65

制約 1 :

積載荷重(Kg)	かご内法間口(mm)	かご内法奥行(mm)
700	1550	1100
800	1650	1150
850	1550	1300
850	1750	1200
950	1650	1350
950	1850	1250
1000	1750	1400
1050	1950	1300
1100	1850	1450

制約 2 : (かご外法間口) = (かご内法間口) + 50

制約 3 : (かご外法奥行) = (かご内法奥行) + 200

制約 4 : (昇降路間口) ≥ (かご外法間口) + 350

制約 5 : (昇降路奥行) ≥ (かご外法奥行) + 450

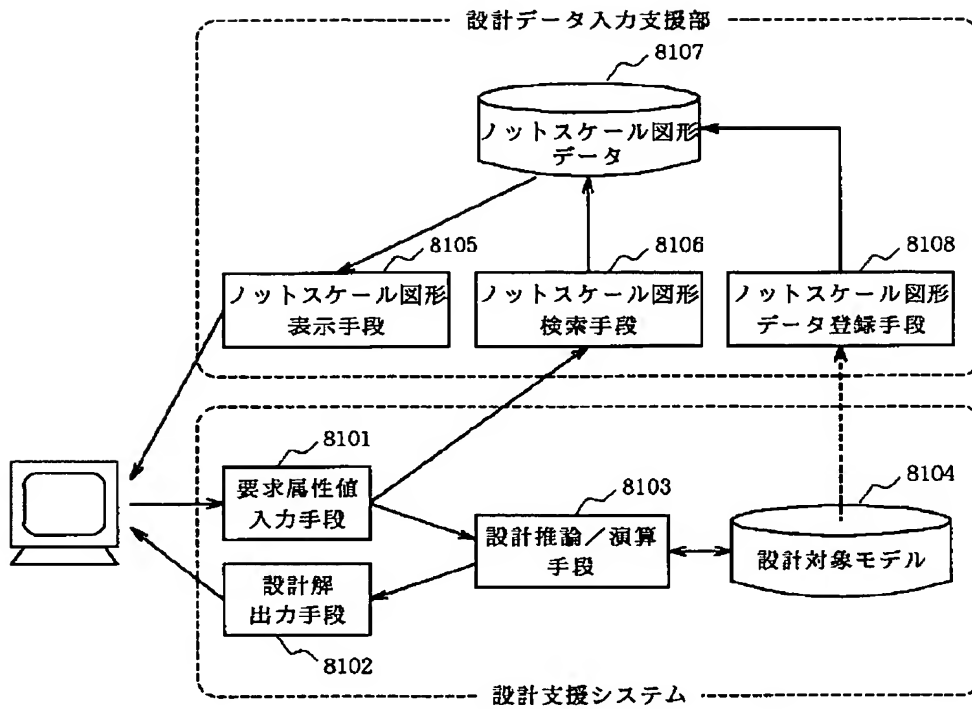
【図67】

図 67

制約番号	緩和レベル
1	非標準 2
2	除去
3	標準
4	標準
5	非標準 1
6	標準

【図54】

図 54



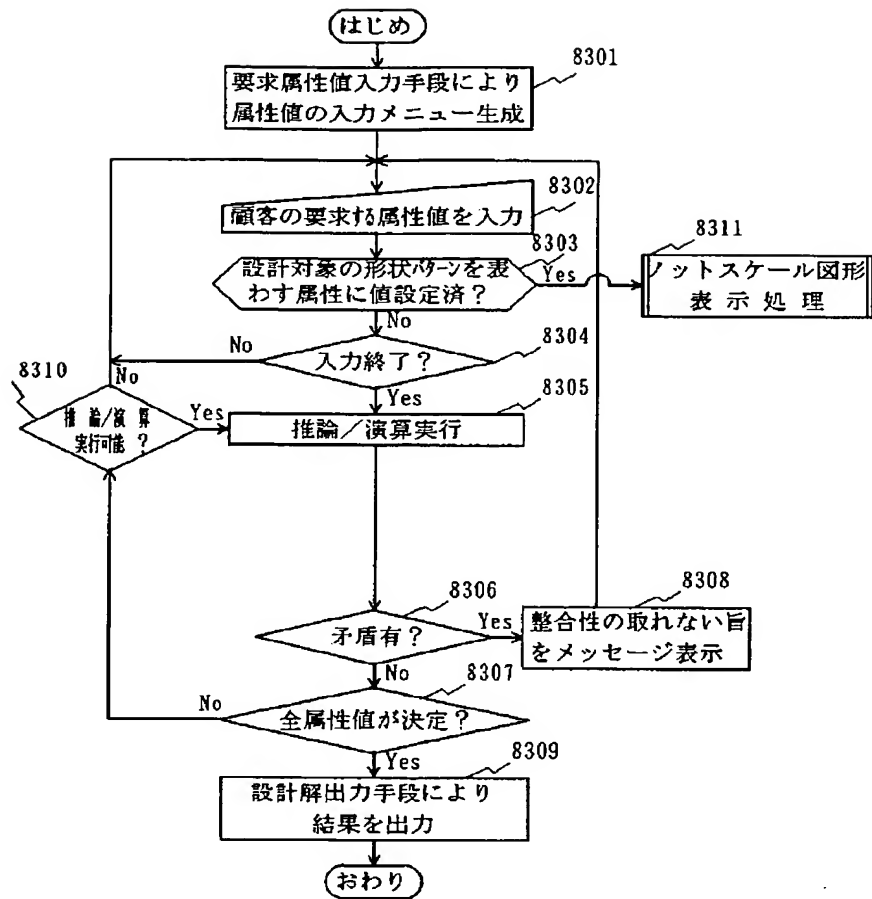
【図68】

図 68

制約番号	緩和レベル	設計意図
1	標準	
2	非標準2	強度不足
3	標準	
4	非標準1	顧客指定
5	除去	対象形状が特殊
6	標準	

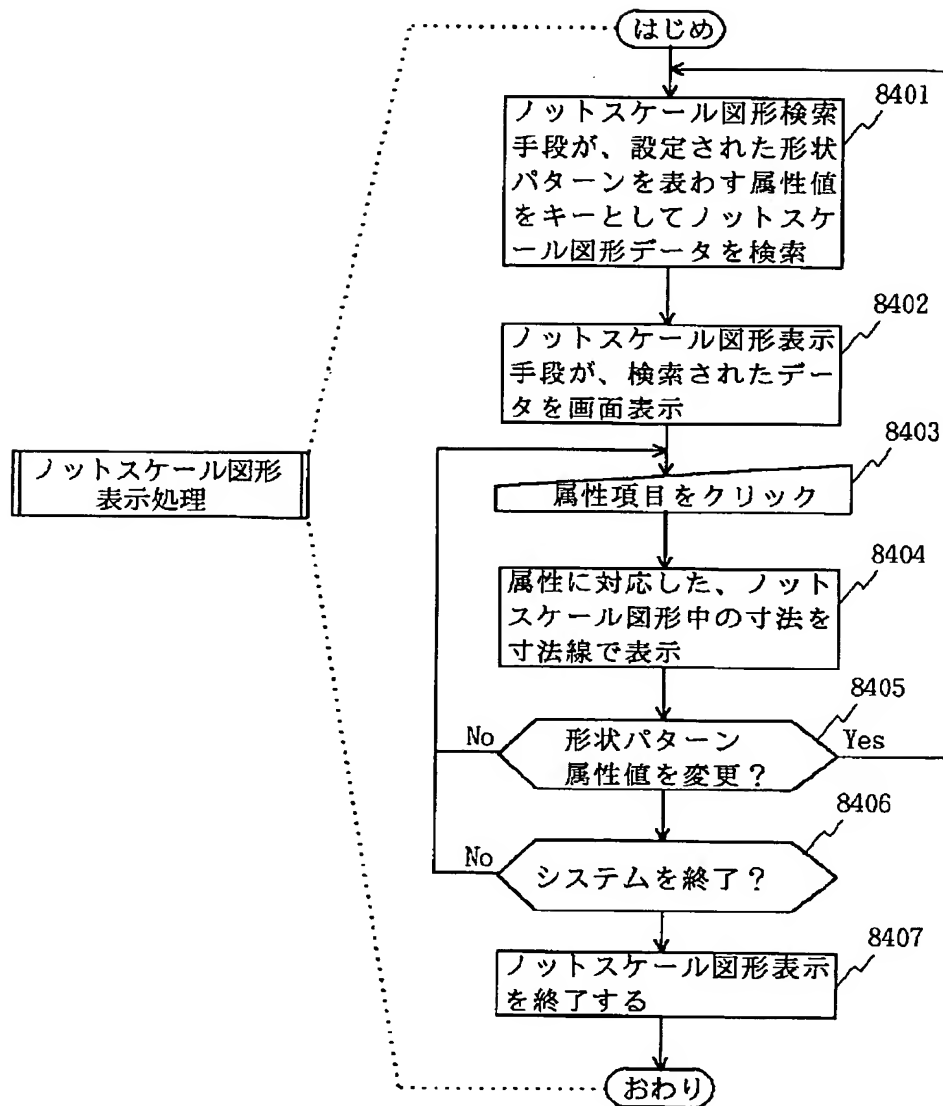
【図56】

図 56



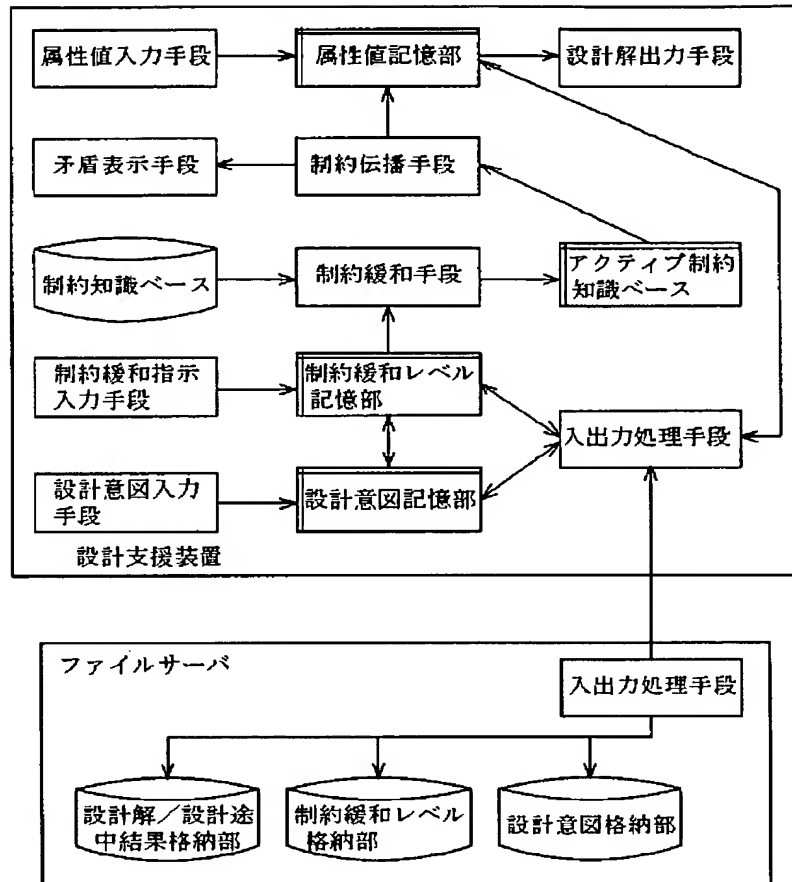
【図57】

図 57



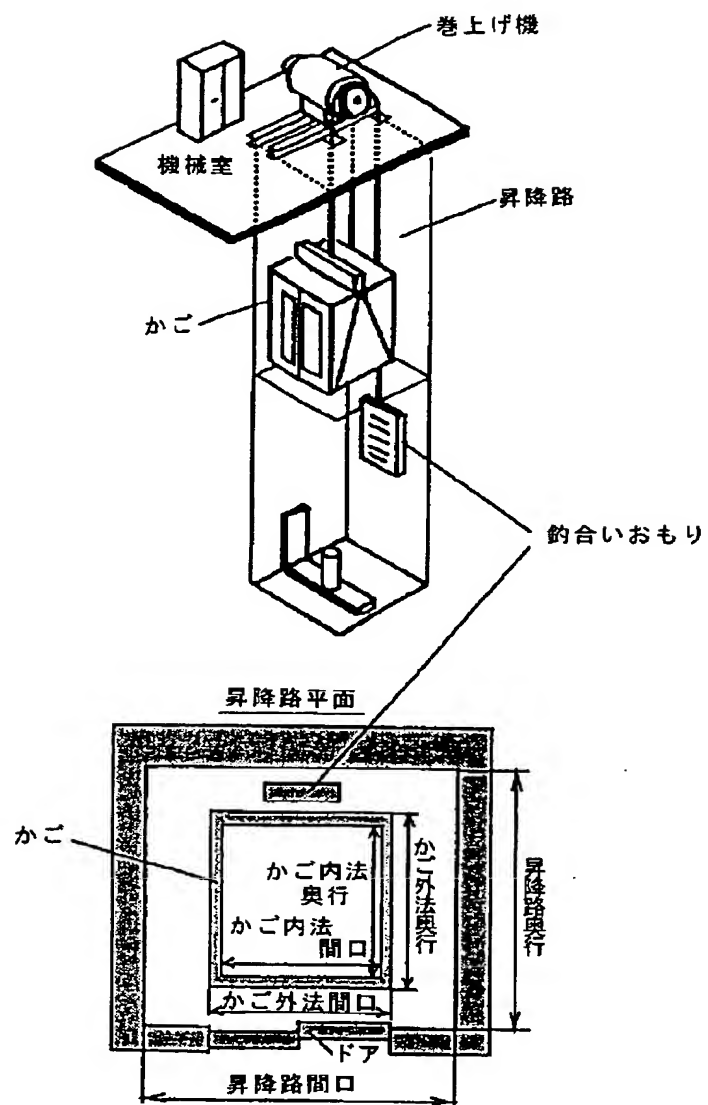
【図61】

図 61



【図63】

図 63



【図64】

図64

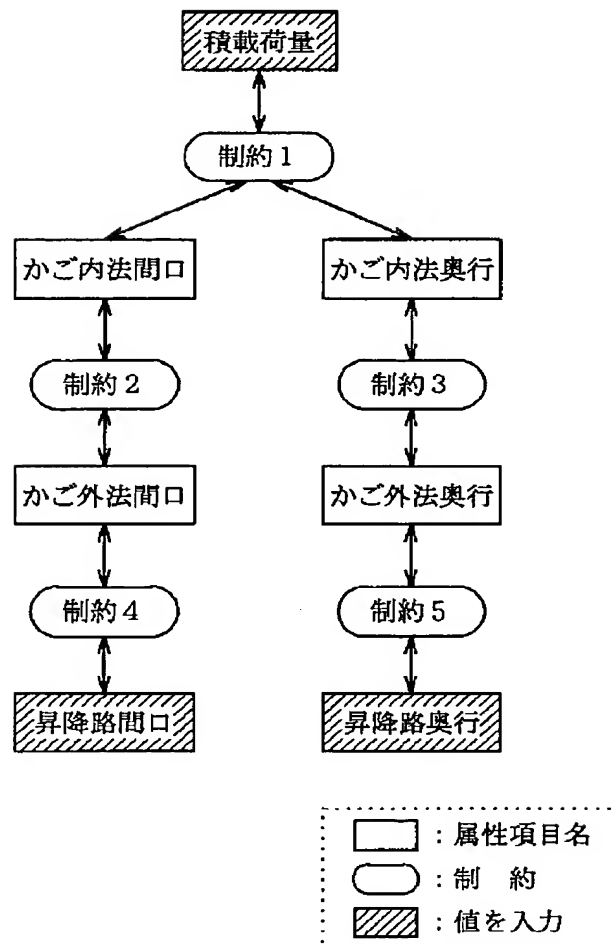
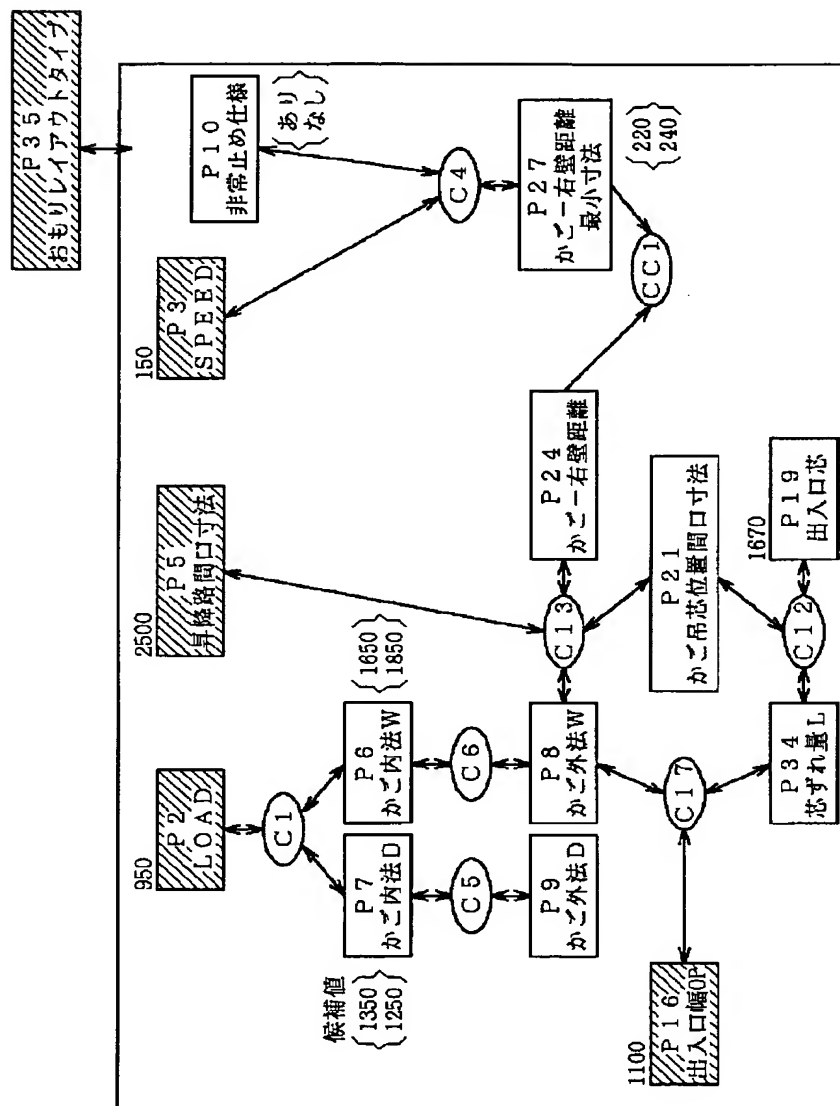


图 69



【図70】

図 70

選択表

推論実行			検討図表示			対策立案			制約緩和		
選択して下さい No.【 】						属性値入力域					
No.	1	2									
かご内法W	1650	1850									
かご内法D	1350	1250									
かご外法W	1700	1900									
かご外法D	1550	1450									
芯ずれ量L	250	350									
かご吊芯位置間口寸法	1420	1320									
かごー右壁距離	230	230									
非常止め仕様	あり	あり									
かごー右壁距離最小寸法	220	220									
			値								
			950								
			150								
			2500								
			1100								
			1670								
			間口寸法								
			距離								
			距離最小寸法								
			アウトタイプ								

【図71】

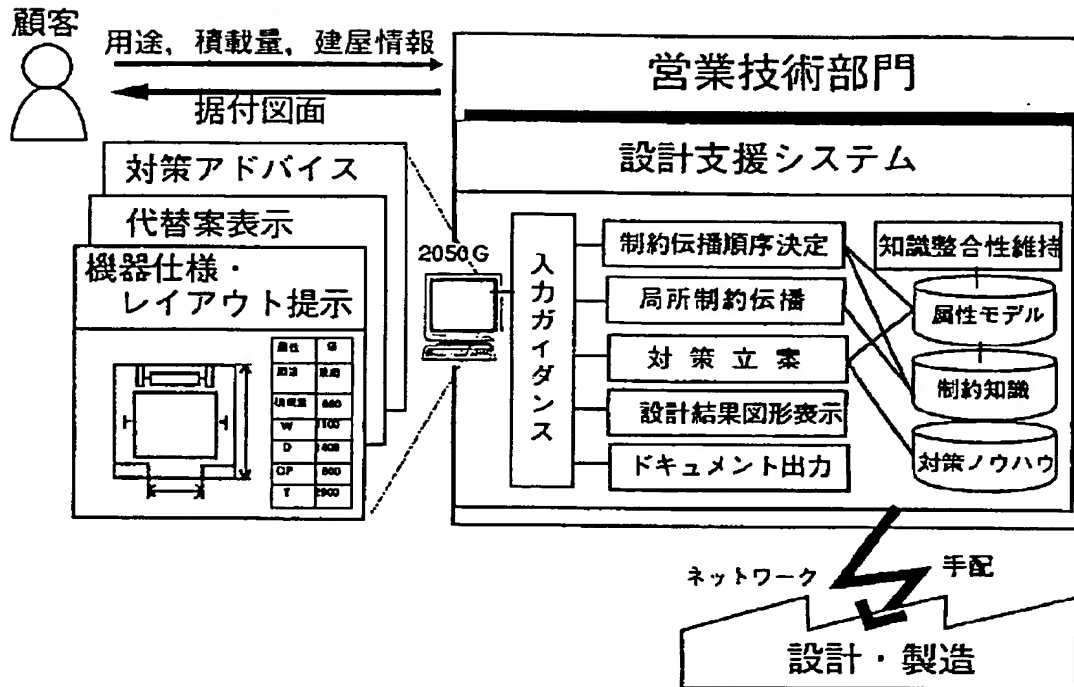


図 71

フロントページの続き

(72)発明者 芳賀 憲行
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
 会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 外崎 陽子
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
 会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 勝田 勝義
 茨城県勝田市市毛1070番地株式会社日立製
 作所水戸工場内

(72)発明者 有野 正治
 茨城県勝田市市毛1070番地株式会社日立製
 作所水戸工場内

(72)発明者 小川 知子
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地株
 式会社日立製作所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.